Die Entstehung der palmaren digitalen Triradien.

Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Hautleistenzüge der distalen Palma.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

genehmigt

von der Philosophischen Fakultät der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin

Von

JOHANN SCHAEUBLE

aus Kuppenheim (Baden).

Tag der mündlichen Prüfung: 9. Februar 1933

Tag der Promotion: 1. März 1933

325

Referenten: Prof. Dr. Eugen Fischer
Prof. Dr. Richard Hesse

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Sonder-Abdruck a. d. Zeitschr. f. Morphol. u. Anthropol. 1933. Bd. XXXI Heft 3.
E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Erwin Nägele) G.m.b.H., Stuttgart.

Aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Anthropologie, menschliche Erblehre und Eugenik, Berlin-Dahlem. Direktor: Professor Dr. Eugen Fischer.

Die Entstehung der palmaren digitalen Triradien.

Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Hautleistenzüge der distalen Palma.

Von **J. Schaeuble.**

Mit Taf. XL—XLIV, 9 Textabbildungen und 1 Tabelle im Text.

Inhalt.

Seite

1. Einleitung 403
2. Material und Arbeitsweise 407
3. Die Entwicklung der Hautleistenzüge der distalen Palma 408
4. Zusammenfassung 433
5. Schrifttum 435

1. Einleitung.

Die Hautleistenzüge der menschlichen Handteller und Fingerbeeren stellen Rassenmerkmale dar. Die eingehenden Untersuchungen der Hautleistenzüge der Fingerbeere durch K. Bonnevie haben gezeigt, daß diese Rassenmerkmale auf charakteristische Unterschiede im Bau der embryonalen Fingerbeere bei den verschiedenen Menschenrassen zurückgehen.

Die Schwankungen und rassenmäßigen Unterschiede des Hautleistenbildes des menschlichen Handtellers werden belegt durch die Arbeiten von H. H. Wilder, Cummins, Schlaginhaufen, Hasebe, Miyake u. a. Deren Ergebnisse hat Eugen Fischer [(15), S. 113, (16), S. 142] im Hinblick auf ihre Bedeutung für die Stellung der Systemrassen zusammengefaßt und verglichen.

Diese Untersuchungen des Handtellers und ein Vergleich der Untersuchungsergebnisse der verschiedenen Forscher waren durch Wilder's Aufstellung einer Handformel ermöglicht, die es gestattet, die Auslegung eines Handabdruckes in Zahlen und Buchstaben zu übersetzen. Die Aufstellung der Handformel geht von vier festen Punkten des Leistenbildes der Palma aus. Dies sind die vier distalen Triradien. Sie liegen immer in nahezu gleichbleibender Anzahl an derselben Stelle des menschlichen Handtellers, „so daß wir diese vier Triradien als ein menschliches Kennzeichen auffassen" [Whipple, (27), S. 154].

Es erhebt sich die Frage, welche entwicklungsgeschichtlichen Vorgänge dieses gleichbleibende Zustandekommen der vier Triradien bedingen. Eine Lösung dieser Frage soll, entsprechend der Arbeitsweise K. Bonnevie's, durch eine Untersuchung der ersten Stadien der Triradienbildung versucht werden.

Die Anregung zur vorliegenden Arbeit verdanke ich meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Eugen Fischer; für die Übertragung dieser Aufgabe, für die mir im Laufe der Untersuchung und bei der Abfassung der Arbeit in reichem Maße gewährte Hilfe, sowie für die Überlassung des wertvollen Materials bin ich ihm zu größtem Danke verpflichtet.

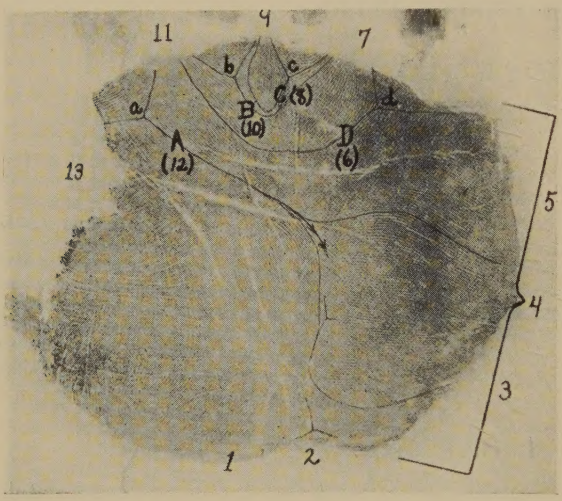


Abb. 1. Handabdruck einer rechten Hand. a, b, c, d sind die vier palmaren digitalen Triradien, von denen die entsprechenden Hauptlinien A, B, C, D ausgehen. In vorliegendem Fall werden die Hauptlinien durch ihre Endigungen in den Randgebieten 11. 9. 7. 5. bestimmt. Im dritten Zwischenfingerraum (zwischen b u. c) befindet sich eine Schleife. Zur näheren Erklärung s. Cummins u. a. (12), denen dieses Bild entnommen ist.

Die Geschichte der Hautleistenforschung ist in umfassender Weise von Schlaginhaufen [(24), S. 580/612] beschrieben worden; größere Darstellungen des einschlägigen Schrifttums finden sich bei Whipple (26), Wilder (30), Heindl (18), Friedemann (17), Bychowska (6) und anderen. Aus dem Schrifttum soll kurz herausgehoben werden, was für die Benennungs- und Arbeitsweise von Bedeutung sein kann.

Der Begriff „Triradius" [zuerst bei Wilder (29)] wird im amerikanischen Schrifttum, dessen Bezeichnungsweise hier angewandt wird, folgendermaßen umrissen: „A triradius, wherever situated, is a triangular locus marking the meeting-point of ridges which course in three chief directions." [Angef. nach Cummins (12), S. 427.]

Die drei Hautleisten, die von einem Triradius der distalen Palma ausgehen, sind seine Radianten. Diese, auf dem Handabdruck ausgezogen, sind dann die Leitpfade zur Abgrenzung der Hautleistenzüge des Handtellers. Die vier distalen Triradien der Palma liegen in unmittelbar proximaler Beziehung zur Basis des zweiten bis fünften Fingers, sie heißen daher palmare digitale Triradien [in radio-ulnarer Folge mit a, b, c, d bezeichnet

(s. Textabb. 1)]. Die distalen Radianten jedes digitalen Triradius, die in disto-transversaler Richtung verlaufen, umgrenzen die digitale Area. Der dritte Arm eines digitalen Triradius ist proximalwärts gerichtet. Dieser proximale, in seinem Verlaufe schwankende Radiant ergibt dann die palmare Hauptlinie (in radio-ulnarer Richtung werden diese mit A, B, C, D bezeichnet). Da nun die Endigung einer Linie am Rande des Handtellers den hauptsächlichen Weg auch der ihr angrenzenden Leisten anzeigt, so gibt die Endigung dieser palmaren Hauptlinien — in Symbolen ausgedrückt — durch eine kurze Formel in beschreibender und bildlicher Weise die Form der den Handteller überziehenden, offenen Leistenzüge an (s. Textabb. 1).

Die völlige Abwesenheit eines digitalen Triradius wird auch beobachtet; in der Hauptsache ist es jedoch nur der Triradius c (an der Basis des vierten Fingers), der in seinem Vorkommen gegenüber den anderen palmaren digitalen Triradien den stärksten Schwankungen unterworfen ist; auch kann die von ihm ausgehende C-Linie unter Umständen mehr oder weniger verkürzt sein [„Reduktionstendenz der C-Linie", Carrière (7)].

In die offenen Leistenfelder des Handtellers sind bekanntlich noch einige Leistenmuster — Wirbel, Schleifen (s. dritter Zwischenfingerraum in Textabb. 1) u. a. — eingeschlossen. Diese Leistenfiguren befinden sich hauptsächlich auf umschriebenen Erhebungen der Palma, an Stellen, die den Gehballen der Säugetiere entsprechen [Klaatsch (19), Kollmann (20/21), Wilder (28)]. Diese Ballenmuster [Schlaginhaufen's (24) S. 614 „Figurae tactiles"] heißen im englisch-amerikanischen Schrifttum Patterns [zuerst bei Faulds (14)]: „A pattern is a localized system of ridges in which concentric designs, loops, and other figures are organized through abrupt ridge curvatures. Patterns stand in contrast to open fields, in which the component ridges pursue straight or only gently sweeping courses." [Angeführt nach Cummins u. a. (12), S. 457.]

Was die stammesgeschichtliche Entstehung der Hautleisten und deren Anordnung betrifft, so wurden bei den Beuteltieren auf den den Säugetierballen entsprechenden Stellen den menschlichen Hautleisten ähnliche Gebilde zuerst angetroffen [Kollmann (19) und Klaatsch (20)]. Die Untersuchungen an Palmae und Plantae von Halbaffen und Affen ergaben eine Beziehung zwischen der Ausbildung der Leistenfaltung der Ballenmuster und dem Grade der Erhöhung der dazugehörigen Ballen [Schlaginhaufen (24), Whipple (26)]. Als das Grundleistenmuster stellt Whipple (26, 27) eine rundläufige Anordnung der Linien in Wirbelform auf. Auch Schwalbe (25) hält im Hinblick auf die palmaren Ballen die Wirbel für die ursprünglicheren Leistenformen.

In all den Arbeiten, welche die stammesgeschichtliche Entstehung der Hautleistenanordnung auf den Ballen zum Gegenstand haben, gelangt die Meinung zum Ausdruck, daß zwischen der Form der Ballen bezw. dem Grade der Erhöhung und den darauf befindlichen Mustern Beziehungen vorhanden sind.

Eine starke Stütze dieser Anschauungen ergaben die Untersuchungen von Cummins und Sicomo (13) und Cummins (8, 9, 10), die an Mißbildungen menschlicher Hände und Füße angestellt wurden. Runde, umschriebene Erhebungen fanden sich dabei mit Wirbelmustern bedeckt. Cummins (10) legt dies dahin aus, daß die Leistenrichtung in dem Wachstum der Flächen, auf denen sie liegen, bedingt sei. Die Triradien, so stellt er fest,

finden sich an Punkten, die möglicherweise Gegenden einer verhältnismäßigen Wachstumsuntätigkeit, oder die Verbindungen einander entgegenwirkender Kräfte beim Wachstum darstellen.

Bemerkenswert ist die Tatsache, daß CUMMINS (10) keinen Fall gefunden hat, bei dem Hyperdaktylie mit einer Vermehrung der interdigitalen Tastballenmuster verbunden gewesen ist. Das zeigt, daß die primitiven Gehballen eine Verdoppelung nicht mitmachen. Jedoch in jedem Fall von Hyperdaktylie fand sich der überzählige Finger mit einem akzessorischen Triradius verbunden. Das legt CUMMINS (10) die Folgerung nahe, daß ein digitaler Triradius der normalen Serie des distalen Handtellers sich aus den Flächenbeziehungen an der Verbindungsstelle von Hand und Fingern ergebe.

Die Arbeiten KRISTINE BONNEVIE's brachten eine tiefgehende, entwicklungsgeschichtliche Aufklärung. BONNEVIE, die die Papillarmusterarten der menschlichen Fingerbeeren auf ihre zahlenmäßige Verteilung und ihre Vererbung untersucht hat, kommt zur Ansicht, daß die Schwankungen in der Ausbildung dieser Papillarmuster auf tieferliegende Schwankungen im Bau der Fingerballen zurückzuführen sind.

Die zum Zwecke der Aufklärung des inneren und äußeren Aufbaus von BONNEVIE (1) auf die frühesten Stadien der Hautleistenbildung zurückverlegte Untersuchung ergab die Tatsache einer ursächlichen Verbindung zwischen der Form der Fingerballen und den Papillarmustern und als eine Erweiterung der embryologischen Kenntnisse der Papillarmusteranlagen das neue Ergebnis, daß die Papillaranlage auf den Fingerballen im dritten Monat bei Embryonen von 4 cm Scheitel-Steiß-Länge auftritt. Die Papillarleisten legen sich zunächst in drei voneinander getrennten Gebieten an, die nach ihrer Lage als „Basal-, Mantel- und Musterfaltung" bezeichnet werden. Da, wo diese drei Faltungssysteme einander entgegenwachsend zusammenstoßen, entstehen die Triradien der Wirbel- und Schleifenmuster. In der Hauptsache erwies sich für die Ausformung der Finger-Papillarmuster von großer Bedeutung zunächst die Abhängigkeit der Symmetrieverhältnisse und des quantitativen Wertes der Papillarmuster von der Form der embryonalen Fingerbeere [BONNEVIE (2)]. Für die mehr oder weniger stark ausgebildete Abflachung der Fingerbeere sind die embryonal auftretenden Epidermispolster von ausschlaggebender Bedeutung [BONNEVIE (3)].

Die durch die Untersuchung der Papillarmuster der Fingerbeere gewonnenen Kenntnisse erlauben manchen Vergleichsschluß für das distale, palmare Leistenbild. Dazu bemerkt BONNEVIE [(2), S. 269]: „Obwohl meine Resultate vorläufig wesentlich nur auf digitalen Papillaranlagen gewonnen worden sind, habe ich jedoch während meiner Arbeit oft die Gelegenheit benützt, auch die interdigitalen Anlagen zu studieren, die sich genau ebenso verhalten, wie die digitalen. Auch hier zeigt sich von einem Embryo zum anderen eine große Variation. Die interdigitalen Partien der Hand können zur Zeit der Papillarfaltung stark hervorgewölbt erscheinen oder beinahe flach sein, und die mehr oder weniger vollständige Ausformung von „Mustern" an diesen Stellen werden zweifellos hier, wie an den Fingern, jedenfalls teilweise, in diesen Formverhältnissen der embryonalen Hände ihre Erklärung finden."

Die glänzenden Arbeiten BONNEVIE's ergeben eine ganz neue und gesicherte Grundlage, auf der jede weitere embryologische Untersuchung der Papillarleisten aufbauen muß. Eine Darstellung der embryologischen Ergebnisse früherer Forscher kann aus diesem Grunde unterbleiben; es darf auf BONNEVIE's [(1), S. 20/22, 48/49] diesbezügliche Schilderung hingewiesen werden. Aus den dargelegten Ergebnissen des neueren Schrifttums [besonders CUMMINS (10) und BONNEVIE (1)] wird es klar, daß die Frage nach dem Entstehen der palmaren digitalen Triradien nicht entsprechend gelöst ist. Die Triradien stellen, wie wir jetzt wissen, die äußeren Abgrenzungen dreier einander entgegenwachsender Hautleistenzüge dar. Die Frage nach der Bildung der palmaren digitalen Triradien richtet sich also zunächst nach der an der distalen Palma entstehenden und sich ausbrei-

tenden Papillarfaltung. Da sich die Anlagen der Papillarfaltung bis auf Embryonen des dritten Monats zurückverfolgen lassen, so müssen sämtliche Einflüsse, die zur Bildung dieser Triradien beitragen, durch eine in diesen Stadien einsetzende, embryologische Untersuchung der distalen Palma aufgesucht werden. Entsprechend den bei den Mißbildungen der Hände und den auf den Fingerbeeren gefundenen Ergebnissen und auch entsprechend der oben angeführten Bemerkung BONNEVIE's (2) darf weiterhin geschlossen werden, daß die Schwankungen der embryonalen Formverhältnisse der distalen Palma auch für die Verschiedenheiten der voll entwickelten Hautleisten, ihres Verlaufs und ihrer Richtung, von großer Bedeutung sein müssen.

Es sollen also hier zunächst Zeitpunkt und Ort der Entstehung der ersten Hautleistenzüge und die auf diese während ihrer Entwicklung einwirkenden Formverhältnisse der distalen Palma beschrieben werden. Dabei soll die Ausbildung der Leistenzüge auf den Fingern und dem proximalen Abschnitt der Handfläche (Thenar- und Hypothenarballen) nicht in den Kreis der Untersuchung mit einbezogen werden. Das Augenmerk soll vielmehr darauf gerichtet sein, wieweit die embryonalen Wachstumsvorgänge an der distalen Palma in ihrem gegenseitigen Zusammenwirken die bekannte, feststehende Lage der palmaren digitalen Triradien verursachen.

2. Material und Arbeitsweise.

Das Material, das dieser Arbeit zugrunde liegt, besteht aus den Händen von 33 Embryonen verschiedener Größe. Die Embryonen waren teils in 4%, teils in 10% Formalin fixiert. Die Hände wurden zuerst in Lupenvergrößerung betrachtet, dann photographiert. Zunächst wurde je eine Hand jedes Embryos in Schnittserien (7,5 und 10 μ dick) zerlegt. Sämtliche Schnitte wurden

Stadium	Laufd. Nr. der Embr.	Scheitel-Steiß-Länge cm	Originalbezeichng. d. Embr.[1]	Alter	Schnittrichtg.	Rechte od. linke Hand
I	1	2,2	E 9		längs	rechts
	2	2,7	S 2		längs	links
	3	2,9	2/32	2—3 Monate	quer	links
	4	4,0	K 24		längs	links
	5	4,0	K 18		quer	rechts
	6	4,8	K 19		quer	links
	7	5,3	K 27		quer	links
	8	6,5	E 4		quer	rechts
II	9	7,0	E 15		quer	links
	10	7,7	E 5		quer	rechts
	11	8,0	E 10	3—4 Monate	quer	rechts
III	12	8,1	K 28		längs	links
	13	9,2	K 23		quer	rechts
	14	10,8	E 11		quer	links

[1] Die mit K bezeichneten Embryonen sind Eigentum des Anat.-Biol. Instituts in Berlin, die andern des K. W. I. für Anthropologie, Dahlem.

mit Pikrofuchsin (VAN GIESON) gefärbt. Die Hände der in der Tabelle auf S. 407 angegebenen 14 Embryonen sind dem Material entnommen und sollen in der vorliegenden Arbeit besprochen werden.

Für die leihweise Überlassung der Embryonen aus der Sammlung des Anat.-Biol. Instituts der Universität Berlin danke ich Herrn Prof. Dr. KRAUSE verbindlichst. Ebenso bin ich für die Beschaffung frischer Embryonen dem Herrn Prof. Dr. WAGNER, Direktor der Universitätsfrauenklinik der Charité, und Herrn Prof. Dr. SCHRÖDER, Direktor der Universitätsfrauenklinik Kiel, zu aufrichtigem Danke verpflichtet.

3. Die Entwicklung der Hautleistenzüge der distalen Palma.

Entstehung, Wachstum und Ausbreitung der Hautleistenzüge der distalen Palma können in drei bestimmte Abschnitte zusammengefaßt werden. In Inhalt und Umfang entsprechen diese Abschnitte im großen und ganzen den drei ersten Entwicklungsstadien der Papillarmuster der Fingerballen, die BONNEVIE (1) aufgestellt hat. Wie diese ersten Entwicklungsstadien der Papillarmuster auf den Fingerbeeren, so können auch die ersten Entwicklungsstadien der Hautleistenzüge der distalen Palma vor dem frühesten bis jetzt beschriebenen Stadium der Leistenentstehung auf der Palma gefunden werden.

Stadium I.

(Embryonen von 2,2—6,5 cm S.-S.-L.)

Die frühesten Formveränderungen auf der Palma ergeben sich aus den wachsenden palmaren Tastballen, die schon vor dem Auftreten der Fingerballen bei Embryonen von 1,7 cm S.-S.-L. zu sehen sind [CUMMINS (11), S. 116]. Topographisch ordnet man die embryonalen Ballen der Hand in drei Reihen ein. Die distale Reihe umfaßt die fünf Fingerballen (Tastballen I. Ordnung, apikale Ballen). Die zweite Reihe wird durch die am distalen Rande der Palma gelegenen vier Zwischenfingerballen (Ballen II. Ordnung, Metacarpophalangealballen) gebildet. Proximal von diesen befindet sich an der radialen und ulnaren Seite der Palma je ein Ballen, Thenar- und Hypothenarballen (Ballen III. Ordnung). Diese elf Ballen faßt man unter der gemeinsamen Bezeichnung Primärballen zusammen. Diesen stellt WHIPPLE (26) Ballen, die sich außer den genannten auf der Palma befinden, als Sekundärballen gegenüber. Solche Ballen finden sich beim menschlichen Embryo als vorübergehende Erscheinungen.

Die bisherigen Kenntnisse vom Vorhandensein palmarer Ballen auf embryonalen Händen wurde durch CUMMINS' (11) topographische Untersuchung an der Oberfläche des embryonalen Handtellers erweitert. Er bezeichnete die äußerlich wahrgenommene Erhebung ulnar vom vierten Zwischenfingerballen als die „distale Komponente des Hypothenar", auf Grund ihres

Ursprungs im Gebiet des Kleinfingerballens und wegen der zwischen dieser Erhebung und dem wirklichen vierten Zwischenfingerballen vorhandenen Furche. Ferner findet er radial und etwas proximal vom zweiten Zwischenfingerballen einen akzessorischen Ballen, den er, gestützt auf dessen räumliche Beziehungen mit dem entsprechenden ersten Zwischenfingerraum und wegen dessen Gemeinschaft mit dem ersten Zwischenfingerballen auf früheren Stadien, als ein Element des ersten Zwischenfingerballens betrachtet. Der erste Zwischenfingerballen wird so als ein Doppelballen mit einer besonderen „distalen" und „proximalen Komponente" bezeichnet.

Das schematisierte Bild Textabb. 2 zeigt nach Cummins [(11), S. 114] das Stadium bei einem 2,4-cm-Embryo, dessen rechte Hand die charakteristische Zahl und Lage der primären Ballen während der verhältnismäßig kurzen Zeitspanne zeigt, in der alle noch miteinander vorhanden und einzeln feststellbar sind.

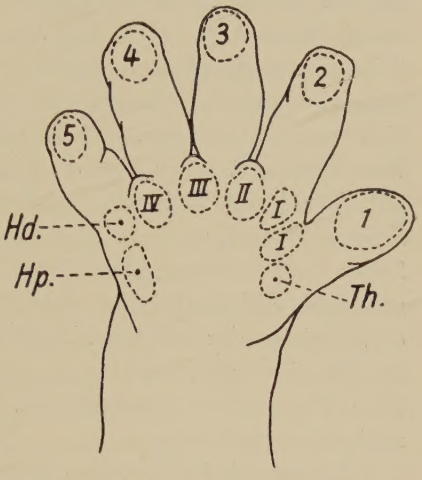


Abb. 2. Umrißzeichnung der rechten Hand eines Embryos von 2,4 cm S.-S.-L. Das Bild zeigt Lage und Benennung der Ballen. 1—5 Fingerballen; I—IV Zwischenfingerballen, I durch seine proximale und distale Komponente dargestellt; Th Thenarballen; Hd distale Komponente des Hypothenarballens; Hp proximale Komponente des Hypothenarballens. [Aus Cummins (11), S. 114.]

Dieses Stadium ist in dem vorliegenden Material durch drei Exemplare, und zwar E 9 (2,2 cm), S 2 (2,7 cm) und 2/32 (2,9 cm S.-S.-L.) vertreten, von denen S 2 (Abb. 29 Taf. XLIV) ein ziemlich klares Bild der Zwischenfingerballen zeigt. Diese Zwischenfingerballen erscheinen bei S 2 als ovale, in der Richtung der Handachse sich erstreckende Erhebungen. Andeutungsweise sind die distale Komponente des Hypothenarballens und diejenige des ersten Zwischenfingerballens zu sehen.

Schon bei E 9 (2,2 cm S.-S.-L., rechte Hand) sind im Bilde 28 (Taf. XLIV) die Zwischenfingerballen als getrennte, leichte Schwellungen in den Vertiefungen zwischen den gerade aus der Handplatte aufspaltenden Fingern zu erkennen. In Längsschnitten ragen besonders die Zwischenfingerballen II—IV am stärksten hervor, die nach proximal in eine zentrale, ballenartige Erhebung übergehen [„padlike hillock", Cummins (11), S. 117]. Ein solcher Schnitt ist in Abb. 1 (Taf. XL) dargestellt. Das Epithel, das teilweise auf der ventralen Fläche abgelöst ist, zeigt auf der ganzen volaren Seite bereits Andeutungen größerer Dicke als auf der gesamten dorsalen, eine also gesteigerte Wachstumstätigkeit der Epidermis, die in der distalen Palma am stärksten vorhanden ist.

Eine weiter fortgeschrittene Entwicklung der Ballen und der Epidermis erweisen Längsschnittserien durch die linke Hand des Embryos S 2 (2,7 cm S.-S.-L., Bild 29, Taf. XLIV).

Die Zwischenfingerballen haben in ihrer Längsausdehnung halbkuglige schön gerundete Kontur, wie Abb. 3 (Taf. XL) zeigt. Sie liegen, auf das Skelett bezogen, in Höhe der ihnen zunächst befindlichen Grundgelenke. Schnitte durch die radiale Seite der Hand und durch den Zeigefinger zeigen die verschieden stark volarwärts hervortretenden Erhebungen, die durch mehr oder weniger markierte, furchenähnliche Einziehungen der Haut voneinander getrennt sind, s. Abb. 2 (Taf. XL). Besonders in die Augen fallend sind bei solchen Schnitten beginnende Epidermisverdickungen auf dem Thenarballen, dem ersten Zwischenfingerballen und auf dem Fingerballen des Zeigefingers. Diese Epidermisverdickungen sind die ersten Anzeichen künftiger Papillaranlagen. Eine Entwicklung der Epidermis in verschiedene Schichten ist an der Beugeseite der Hand leicht festzustellen. Die in der Hauptsache zweischichtige Epidermis des E 9, wo die kubischen Epithelzellen nur von den abgeplatteten Zellen des Periderms bekleidet sind, ist hier durch die zwischen diesen Lagen gebildete Zellschicht, das Stratum intermedium, erweitert. In den Gebieten der künftigen Papillaranlagen liegen nun die Kerne der Keimschicht dichter beieinander als auf den übrigen Teilen der Palma und sind in ihrer Form mehr längsgestreckt. Im Stratum intermedium befinden sich zahlreiche, runde Kerne.

Auf dem Grundgliede erscheint in Abb. 2, „SB", (Taf. XL) ein leicht vorgewölbter Ballen. Es ist dies einer der auf den Grundgliedern paarig angelegten Sekundärballen. Seine Epidermis jedoch ist der der übrigen volaren Fläche der Hand ähnlicher. Die Keimschichtzellkerne sind hier mehr breit, jedoch sehr hochstehend, die Zellen selbst zylindrisch; das ganze Stratum germinativum ist etwas niedriger als auf den primären Ballen.

Der Sekundärballen ist durch eine seichte Mulde, die Grundgelenkbeugefalte, von der distalen Komponente des ersten Zwischenfingerballens getrennt. Zwischen dieser und der proximalen Komponente liegt der Beginn der auf diesem Stadium schon vorhandenen Daumenfurche (Oppositionsfalte), s. Abb. 2 (Taf. XL) „DF". Bei Schnitten mitten durch die Zwischenfingerballen, wie z. B. durch den zweiten (Abb. 3, Taf. XL), zeigt sich, daß die stärkste Zelltätigkeit des Keimepithels auf den proximalen Teilen der Ballen lokalisiert ist, da nämlich an diesen nach dem Handteller abfallenden Partien die Epidermis besonders verdickt ist.

Die gesamte distale Palma des gleichaltrigen Embryos 2/32 (2,9 cm S.-S.-L., Bild 30, Taf. XLIV) ist in Abb. 4 (Taf. XL) quer getroffen. Der Schnitt, der gerade das Grundgelenk des dritten Fingers trifft, gibt ein Bild von den in verschiedenen Höhen getroffenen Ballen II—IV, der Verschiedenheit ihrer Form und gegenseitigen Abgrenzung.

Die Ballen II—IV beginnen, von distal nach proximal verfolgt, auf den

ventralen Schwimmhäuten. Hier haben sie einen mehr spitz nach volar hervorragenden Umkreis. Von da breiten sich die Ballen proximalwärts radial und ulnar aus, wölben sich nach volar mehr gerundet vor und gehen, sich weiterhin wieder verschmälernd und allmählich abflachend, in die Palma über. Eine scharf einschneidende Furche trennt den zweiten vom dritten Zwischenfingerballen. Im Gegensatz dazu ist der dritte vom vierten Zwischenfingerballen nur durch eine ganz seichte Eindellung getrennt (Abb. 4, Taf. XL), die nach proximal völlig verschwindet. In Nähe der volaren Fingerarterien und unregelmäßig in den Ballen verteilt befinden sich kleinere Bluträume.

Die distale Komponente des Hypothenarballens ist volar von der proximalen Epiphyse des fünften Fingers nur schwach ausgebildet. Dagegen ist die distale Komponente des ersten Zwischenfingerballens gut ausgeprägt (Abb. 4, d I, Taf. XL). Sie beginnt auf der radial abfallenden Fläche des zweiten Zwischenfingerballens. Von da setzt sie sich, durch eine flache Mulde vom zweiten Zwischenfingerballen getrennt, proximalwärts sich verbreiternd und volar hervortretend, fort, um schließlich durch die Daumenfurche vom wirklichen ersten Zwischenfingerballen geschieden zu werden.

Die Zwischenfingerballen der beiden zuletzt beschriebenen embryonalen Hände erscheinen also bereits als voneinander getrennte, umschriebene Erhebungen. Sie sind das Ergebnis des wachsenden Koriumgewebes. Das sie bekleidende Epithel ist verdickt, die Verdickung ist auf deren proximalen Partien besonders deutlich. Die mehr oder weniger ausgebildeten Sekundärballen weisen keine Epidermisverdickung dieser Art auf. Aus den Arteriae digital. vol. prop. ausgetretenes Blut bildet kleinere Blutsinus in den Ballen. In ihrer Form, Lage, Aufbau sind sich die Zwischenfingerballen des Handtellers gleich. Nur der zweite erstreckt sich in seiner Längsausdehnung am weitesten proximalwärts. Geringere Ausdehnung in der Längsachse zeigt der dritte, die geringste der vierte.

Die Hände der Embryonen von 4—6,5 cm S.-S.-L. zeigen an ihren Zwischenfingerballen eine noch weitergehende Betonung und ein noch stärkeres Wachstum. Es ergeben sich bereits individuelle Schwankungen durch Unterschiede der Form und Erhabenheit der Zwischenfingerballen an ein und derselben Hand. In keinem Falle konnte ein Fehlen der primären Ballen beobachtet werden. Die paarigen, sekundären Ballen auf den Grundgliedern der Finger treten besonders stark hervor (s. Bild 31, Taf. XLIV), um bald darauf völlig abzuflachen. Das Epithel ist weiter entwickelt, die ersten Papillaranlagen treten voll in Erscheinung.

Längsschnittserien durch die linke Hand des Embryos K 24 (4,0 cm S.-S.-L., Bild 31, Taf. XLIV) zeigen die weitere Fortentwicklung der Epidermis. Auch hier sind es wieder die proximalen Partien der Zwischenfingerballen, wo sich im Vergleich mit den benachbarten Gebieten eine stärkere Epidermisverdickung findet. Diese Verdickung, die nach distal ziemlich unvermittelt aufhört, setzt sich nun nach proximal, also auf den Handteller, nur allmählich

schwächer werdend, fort. Ein Längsschnitt (Abb. 5, Taf. XL) durch den dritten Zwischenfingerraum zeigt nun sehr deutlich, daß die Oberfläche des Handtellers proximal von den Zwischenfingerballen keineswegs einheitlich flach ist. Proximal vom dritten Zwischenfingerballen befindet sich eine kleinere und eine größere Vorwölbung. In Schnittserien verfolgt, sieht man diese als wallartig erhöhtes Gebilde in querer Richtung den Handteller überziehen, gleichzeitig von den mehr oder minder tiefen Furchen begleitet. Bemerkenswert erscheint dabei, daß die Vorwölbungen der diese Furchen begleitenden Gebiete nicht ausschließlich das Ergebnis mechanischer Kräfte, bedingt durch die Stauchung infolge der in den Grundgelenken leicht volar gebeugten Fingerhaltung, zu sein scheint, sondern daß diese Hautwülste durch eine besonders rege Tätigkeit ihres Keimepithels ausgezeichnet sind. Am stärksten sind sie jedesmal proximal vom zweiten bis vierten Zwischenfingerballen entwickelt, wodurch hier auch gleichzeitig entsprechende, tiefe Faltungen der Haut, die sog. Beugefalten, sichtbar werden. Im Schnitt in Abb. 5 (Taf. XL) ist die erste große, proximal vom dritten Zwischenfingerballen liegende Vertiefung, die Dreifingerfurche (distale transversale Beugefalte), von der ein distaler Ausläufer zwischen dem 2. und 3. Ballen hindurch bis zur Basis des 3. Fingers zu verfolgen ist. H. Pöch [(22), S. 137 u. Abb. 6] macht eine entsprechende Beobachtung an Händen gleichaltriger Embryonen; sie bezeichnet diese zwischen zweitem und drittem Zwischenfingerballen vorhandene Furche als den Zwischenfingerabschnitt der Dreifingerfurche. Proximal von der Dreifingerfurche liegt im Schnitt in Abb. 5 (Taf. XL) die Fünffingerfurche (Proximale transversale Beugefalte), die von der Daumenseite der Hand mit der Daumenfurche (Oppositionsfalte) ihren Ausgang nimmt. Distal von diesen beiden Beugefalten finden wir nun die Hautwälle mit ihrer verdickten Epidermis. Auf diesen sind die Kerne der Keimschicht nicht so groß und nicht so dicht angeordnet wie in der Papillaranlage der Zwischenfingerballen, aber immer noch dichter als auf der übrigen Palma. Die an dieser Stelle zahlreicheren Koriumzellen und das kernreiche Stratum intermedium deuten auf eine gesteigerte Wachstumstätigkeit hin. In der Tiefe der Beugefalten findet sich das Epithel regelmäßig am dünnsten und niedrigsten. Die Epidermiswälle überziehen die Palma von der Daumen- nach der Kleinfingerseite. Proximal von den Ballen sind sie immer am stärksten entwickelt und bilden zwischen sich die Furchen aus. Von der Daumenseite der Hand aus verfolgt, findet man zuerst die gemeinsame Furche der Oppositionsfalte und Fünffingerfurche. Im Schnittbild in Abb. 6 (Taf. XL) — der Längsschnitt trifft die ulnare Seite des Os metacarp. digit. II — beginnen sich die beiden Furchen zu trennen, wobei die Daumenfurche proximalwärts abbiegt. Die Fünffingerfurche zieht in querer Richtung weiter und verflacht dann volar vom Kopfe des dritten Mittelhandknochens.

Es ist kein Zweifel, daß hier besondere Bildungen der Epidermis vorliegen, die mit der Entstehung und Ausbildung der Beugefalten und gleich-

zeitig mit den Anlagen späterer Papillarleisten in Zusammenhang gebracht werden müssen. Es sind gemeinsame, miteinander parallel gehende Anlagen für Beugefalten und Papillarleisten, die im späteren Stadium die bekannte Transversalstellung der Falten und Leisten proximal von den Ballen verursachen und diese gegenüber dem Handteller abgrenzen. Das Bild 31 (Taf. XLIV) zeigt bereits äußerlich die beim Embryo K 24 besonders unterhalb des Ballens vorhandenen, umschriebenen Vorwölbungen.

Auch im Bild 32 (Taf. XLIV) sind proximal von den Zwischenfingerballen des Embryos K 18, mehr als einzeln abgegrenzt erscheinende Erhebungen, aber doch offensichtlich in querer Richtung ziehende Vorwölbungen zu sehen, die die Hautbezirke proximal von den Ballen bedecken. Querschnittserien durch die rechte Hand des K 18 (4,0 cm S.-S.-L., Abb. 7, 8, Taf. XL) zeigen, in welcher Art die Entwicklung an den proximalen Partien der Zwischenfingerballen, wo die stärkste Verdickung in Längsschnitten festzustellen war, weitergeht. Im Querschnitt in Abb. 7 (Taf. XL), ungefähr durch die Mitte der Längsausdehnung des dritten Zwischenfingerballens erweist sich die Keimschicht an einer bestimmten Stelle dorsalwärts gegen das Korium eingesenkt. Und zwar nicht genau auf der Mitte des Ballens, sondern nach der radialen Seite hin. Wir sehen hier (Abb. 7, „PA.“, Taf. XL) eine nach der Tiefe eingezogene Stelle der Keimschicht, ohne daß Stratum intermedium und Periderm diese Bewegung mitgemacht hätten. Von proximal nach distal läßt sich diese Bildurch durch ca. 10 Schnitte (10 μ dick) als eine längsziehende, flächenhaft angelegte, unregelmäßige Eindellung der Keimschicht verfolgen. Radial vom dritten Zwischenfingerballen, genau an der Basis des dritten Fingers, befindet sich die tiefe Trennung dieses Ballens vom zweiten Zwischenfingerballen. Diese läßt sich als ebene Fläche von der Grundgelenkbeugefalte aus verfolgen, wo sie in radio-ulnarer Ausdehnung breit angelegt ist (s. Abb. 8, Taf. XL). Proximalwärts verschmälert sie sich beständig (s. Abb. 7, Taf. XL) zu einer nach der Handmitte gerichteten Spitze, hierbei verliert sie ihre scharfe Profilierung und geht flach in den Handteller über. Die Keimschicht dieser dreieckigen Fläche ist im Vergleich mit der Keimschicht der sie seitlich begrenzenden Ballen besonders niedrig. Die Kerne des Stratum germinativum sind hier klein, das Intermedium nicht hochgeschichtet und arm an Kernen. An dieser Stelle findet also keine besonders gesteigerte Wachstumstätigkeit statt. Das hier beschriebene Gebiet der distalen Palma ist die Stelle, wo wir die spätere digitale Area finden.

Auch die Keimschicht des zweiten Zwischenfingerballens zeigt leichte Unregelmäßigkeiten im Verlauf (Abb. 8, Taf. XL), während dies beim vierten Zwischenfingerballen nicht der Fall ist. Zwischen dem dritten und dem vierten Zwischenfingerballen sieht man bei Querschnitten wiederum diesen sanft gebogenen Übergang, wobei die von der Basis des dritten Fingers her bekannte flächenhafte, dreieckige Trennung unterbleibt.

Die linke Hand des Embryos K 19 (4,8 cm S.-S.-L., Bild 33, Taf. XLIV)

ergibt in der Vorwölbung der Zwischenfingerballen einen starken Gegensatz zu K 18; die Höhe der Zwischenfingerballen ist stark zurückgebildet, die der Fingerballen nicht, so daß dieses Stadium doch wohl das ältere ist. Jene Rückbildung ist mir nicht erklärlich. Wie schon die Anschauung der äußeren Formen der Hand des K 19 eindeutig zeigt, sind im Vergleich zu den Fingerballen, die wie Blasen aufgetrieben erscheinen, die Zwischenfingerballen nur flach angelegt. Das geht auch aus den Querschnittserien hervor. Auffallend ist hier auf den Ballen auch die Entwicklung der Epidermis. Während bei K 18 (Abb. 7, 8, Taf. XL) das Stratum germ. ein mehr lockeres Gefüge, auch innerhalb der Papillaranlagen, aufwies, sind hier die Zellen der Keimschicht besonders vergrößert, eng aneinandergerückt und in einer geschlossenen Reihe angeordnet. Diese Anordnung erreicht auf der Mitte der Ballen ihren Höhepunkt (s. Abb. 9, Taf. XLI). Hier wird die Papillaranlage durch eine Einziehung der Keimlage, die zu beiden Seiten davon unter leichten Unregelmäßigkeiten des Verlaufs in die noch unentwickelte Epidermis übergeht, gebildet. Das Stratum intermedium genau volar von der Papillaranlage ist besonders hoch und reichlich mit großen runden Kernen versorgt. Das Periderm darüber besteht aus langgestreckten, abgeplatteten Zellen. In dem unterhalb der Papillaranlage befindlichen Korium stehen die Kerne besonders zahlreich. Im Schnitt in Abb. 9 (Taf. XLI) befindet sich die Papillaranlage auf der Mitte der Querausdehnung des dritten Zwischenfingerballens in der Höhe der proximalen Epiphyse des Grundgliedes des dritten Fingers. Auf dem zweiten Zwischenfingerballen ist ein gleichartiges, aber bedeutend abgeflachteres Zentrum, das sich nach proximal in mehrere ganz flachwellige Unregelmäßigkeiten der sonst gerade verlaufenden Keimschicht verbreitet. Auf dem vierten Zwischenfingerballen ist ebenfalls eine flache, in der Längsrichtung sich erstreckende Papillaranlage vorhanden. Auf dem proximalen Teile des ersten Zwischenfingerballens ist eine schwache Andeutung eines unregelmäßigen Verlaufs der Keimschicht feststellbar.

Bei Querschnitten durch die weiteren proximalen Teile der Hand sieht man das Epithel, das an Dicke nach den Ballen etwas zurückgegangen war, auf der radialen Seite, und zwar an der Handkante, in steigendem Maße bis zum ersten Zwischenfingerballen sich verdicken. Diese Verdickung bedeckt dann fortlaufend von radial nach ulnar und gleichzeitig proximal ziehend, in ihrem Zuge im großen und ganzen der Daumenfurche folgend, die Hohlhand bis zur Handwurzel, rechts und links von den besonderen Anlagen der Thenar- und Hypothenarballen begrenzt. Auf dem ganzen Verlauf ist die innere Grenze der Keimschicht bereits unscharf.

Im ganzen gesehen ist beim Embryo K 19 das gesamte, den Handteller überziehende Epithel eine geschlossene, mehr oder minder verdickte Fläche. Die bisher bekannten Bildungen der Beugefalten sind hier lediglich auf die schwach angedeutete Daumenfurche beschränkt. Die einzelnen bei K 24 und K 18 erwähnten Epidermiserhebungen proximal von den Ballen können hier

nicht beobachtet werden. Die Epidermis erweckt den Eindruck der Geschlossenheit und Dichte.

Die stark mit Blut angefüllten Finger des K 27 (linke Hand, 5,3 cm S.-S.-L., Bild 34, Taf. XLIV) haben an den Grundgliedern in Nähe der Aufspaltungsstelle der Finger eine seichte mediane Teilung der volaren Grundgliederfläche, mit der leicht hervortretenden Betonung der Epidermis auf den Umschlagsstellen der volaren nach der lateralen Fläche. Sekundärballenartige Erhebungen sind hier nicht vorhanden. Die symmetrische Vorwölbung der Kanten ist am deutlichsten am dritten Finger ausgeprägt. Die hier an den Beugeseiten der Grundglieder vorgefundene Epidermisverdichtung ist proximalwärts bis zur Grundgelenkbeugefalte zu verfolgen, wo sie jäh abbricht. Das stimmt auch mit den von den Beugefalten des Handtellers bekannten Verhältnissen überein, insofern auch hier die Epidermisdicke in der Tiefe der Furche immer geringer und niedriger gefunden wird, als auf den angrenzenden Gebieten.

Die Blutanfüllung ist am stärksten in den die Arteriae digitales volares propriae umgebenden Gebieten zu finden, sowohl in den Grundgliedern als auch in der distalen Palma. Bei blutreichen Individuen, wie bei K 27 (Abb. 10 bis 12, Taf. XLI), kann es in der distalen Palma zu ausgedehnten Blutsinusbildungen kommen, die dann, besonders im Gebiete der Aufspaltungsstelle der Gefäße, Nerven und Gefäße ganz umgeben.

In den Querschnittbildern fällt die schon in früheren Stadien bemerkte Innervation der Epidermis ins Auge. In den wachsenden Papillaranlagen der Ballen endigen Nervenäste (Abb. 11, 12, Taf. XLI). Diese Nervenäste entspringen den N.N. digitales volares proprii. Im zweiten Ballen (Abb. 11, Taf. XLI) und dritten Ballen (Abb. 12, Taf. XLI) sind es jeweils gut ausgebildete Nervenzweige, die von den ulnaren Fingernerven des zweiten bezw. dritten Fingers kommen und gegen die Innenfläche der Keimschicht sich aufspalten. Die Stellen, wo diese Nervenäste auftreffen, sind dadurch gekennzeichnet, daß die radialen Ballenabschnitte im Gegensatz zu den ulnaren, rundabfallenden Ballenseiten abgeflacht sind. Die Epidermis der radialen Seite dieser Ballen ist etwas derber und steifer, was aus der leicht abgeflachten Papillaranlage zu schließen ist, die eine Hemmung der normalen Abrundung bedingt. Die Nerven treffen also hier an einer Stelle der Keimschicht auf, die in vollem Wachstum steht. Diese Nerven, die hier endigen, sollen nach Bonnevie [(1), S. 29] als „Papillarnerven“ („N. N. papillares“) bezeichnet werden. Proximal von der Endigungsstelle der Papillarnerven entwickeln sich dann die Papillaranlagen in ihrem vollen Umfange. Es kommt zur tiefen Einziehung und damit zu einer Faltung der Keimschicht, wie Abb. 13 (Taf. XLI) zeigt. Zusammen mit den Papillarnerven entspringen aus den Fingernerven kleinere Zweige, die nach der Mitte vor die Grundglieder, gegeneinander konvergierend, vorwachsen, ohne dabei zu verschmelzen. Die gleiche Art der Nervenverzweigung, wie sie in der Höhe der Papillaranlagen (ungefähr in der

Mitte der Längsachse der Ballen) vorhanden ist, wird auch in den distalen Ballenköpfen gefunden (Abb. 10, Taf. XLI). Hier ist es, wie auch Abb. 11 (Taf. XLI) zeigt, im Gebiete der von den Fingernerven abgegangenen Äste zu einer ventral von den Grundgliedern befindlichen Sinusbildung gekommen.

Die Veranlassungen zu einer Faltung der eben beschriebenen Stellen reger Zelltätigkeit der Keimschicht scheinen dieselben zu sein, wie sie von Bonnevie (1) für die entsprechenden Verhältnisse an den Fingerbeeren beschrieben wurden. Auch auf den Zwischenfingerballen befindet sich an bestimmten Stellen eine Epidermis, deren Keimschicht durch eine ausgesprochen starke Wachstumstätigkeit zu einer Ausbreitung drängt. Dieses Wachstum scheint jedoch in dem Periderm einen Widerstand zu finden. In der Tat sind die Peridermzellen, die sich über den Papillaranlagen befinden, straff gespannt und dünn, wie die Schnittbilder in Abb. 9 und Abb. 13 (Taf. XLI) zeigen. Die Folge davon ist, daß die heranwachsende Keimschicht sich faltet, und zwar nach der Stelle des geringsten Widerstandes, also nach dem weichen und noch unentwickelten Korium. Dafür spricht auch die unter den Papillaranlagen im Korium regelmäßig feststellbare Anstauung der Mesodermzellen, als ein Anzeichen für die sich geltend machende Druckwirkung der wachsenden Papillaranlagen.

In ihrer Längsausdehnung verfolgt, verlaufen die Papillaranlagen der Zwischenfingerballen II—IV nicht parallel der Längsachse der Hand. Das rührt daher, daß diese Ballen, auf denen sich die Papillaranlagen befinden, in ihrer Längsrichtung nicht der Handachse entsprechen. Zweiter und dritter Zwischenfingerballen überlagern die Zwischenfingerräume in leicht querer Richtung von distal-radial nach proximal-ulnar, das heißt also, ihre proximale Spitze ist nach der Mitte der Handwurzel gerichtet. Ebenso verlaufen auch die Papillaranlagen des zweiten und des dritten Zwischenfingerballens. Diese embryonal gegebene Lage der Ballen, d. h. ihre nach ulnar gerichtete, proximale Spitze ist es, welche die Papillaranlagen, die sich auf diesen Ballen anlegen, in eben dieser Richtung sich ausbilden läßt. Je nach der stärkeren Querlage der Ballen werden auch im proximalen Ballenteil die Papillaranlagen und damit die späteren Leisten einen mehr oder weniger stark geneigten, ulnarwärts gerichteten Lauf besitzen. Die Längsachse des vierten Zwischenfingerballens ist nach der Handmitte gerichtet. Hieraus ergibt sich, daß der dritte und der vierte Zwischenfingerballen und mit ihnen ihre Papillaranlagen in der Längsachse proximalwärts winkelig gegeneinander gerichtet sind. Ein Bild (Textabb. 3) vom Handteller eines Erwachsenen, das diese Verhältnisse erläutern soll, läßt die Längsrichtung des zweiten Ballens andeutungsweise, die gegeneinander gerichtete Stellung des dritten und vierten Ballens dagegen deutlich erkennen.

In den von den Ballen proximal gelegenen Gebieten sind die Verhältnisse der Epidermis andere. Die Oberfläche trägt keineswegs mehr jenen buckeligen Charakter wie bei K 24 und K 18. Diese Bildungen sind hier nahezu völlig

in ein gleichmäßig verdicktes Epithel der Palma übergegangen. Die Daumenfurche grenzt auch hier das Gebiet des zweiten Zwischenfingerballens ab. Mit ihr gemeinsam beginnend, verläuft die Fünffingerfurche und ulnar von ihr die ebenfalls querziehende Dreifingerfurche, in deren Begleitung hier nur noch ganz schwach ausgebildete Hautwälle mit einer etwas stärkeren Epidermisverdickung, als auf den angrenzenden Gebieten vorhanden sind. An der Daumen- und Kleinfingerseite beginnt hier ebenfalls eine besondere flächenhafte Epidermisverdickung, die auf der radialen Seite der Hand in den nicht stark entwickelten ersten Zwischenfingerballen übergeht.

Außerhalb des vierten Zwischenfingerballens ist eine ganz leichte, unscheinbare Faltung zu erkennen. Sie befindet sich auf dem den Handteller gegen den Kleinfinger abschließenden Wall, und zwar proximal von der Grundgelenkbeugefalte dieses Fingers. Wir haben hier auf dem Gebiete der späteren digitalen Area die erste, eben noch zu erkennende Unregelmäßigkeit des Verlaufs der Keimschicht.

Abb. 3. Vorderer Handtellerabschnitt der rechten Hand eines Erwachsenen.

Den Höhepunkt der Entwicklung unseres I. Stadiums zeigt der Embryo E 4 von 6,5 cm S.-S.-L. (Bild 35, Taf. XLIV). Das Flächenbild zeigt die rechte Hand des Embryos E 4 in ihren äußeren Formen bereits schön und harmonisch entwickelt; die Proportionen sind denen einer voll entwickelten Hand schon sehr ähnlich. Nur die immer noch geschwollenen Finger- und Zwischenfingerballen erinnern an embryonales Stadium. Lage und Form der Zwischenfingerballen sind auf dem Handteller äußerlich gut zu erkennen. Der zweite Zwischenfingerballen ist, mit den anderen verglichen, der flachste. Zu seiner Ausbreitung steht ihm ein Feld zur Verfügung, das auf drei Seiten durch Furchen umgrenzt wird: distal gegen den Finger durch die Grundgelenkbeugefalte, proximal durch die Daumenfurche und ulnar durch die Furche, die den zweiten vom dritten Ballen trennt. Die Form des dritten Zwischenfingerballens ist langgestreckt und schmal; seine größte Breite entspricht ungefähr der Größe der Querausdehnung des vierten Zwischenfingerballens. Länge und Breite des vierten sind dagegen nahezu gleich. Der vierte Zwischenfingerballen zeigt, in seiner Form mit den übrigen verglichen, auffallende Symmetrie und Rundung. Die proximalen Hälften des dritten und vierten Zwischenfingerballens sind, wie im Bilde 35 (Taf. XLIV) zu sehen ist, einander zugeneigt, ohne durch eine einschneidende Furche getrennt zu sein. Querschnittserien durch die Hand des E 4 zeigen den inneren Bau der Ballen und die Entwicklung ihrer Papillaranlagen am Ende des dritten Monats. In der

distalen Palma sieht man noch als Spuren einer früheren, stärkeren Blutanströmung in Rückbildung begriffene Bluträume, an Stellen, wie sie bei K 27 (Abb. 10—12, Taf. XLI) gefunden wurden. Die Zwischenfingerballen sind in ihren distalen Teilen von ganz dünnwandigen Gefäßverzweigungen in querer Richtung durchzogen. Das Abschwellen der Ballenvorwölbung scheint mit dem Rücktritt der auf früheren Stadien stärker gewesenen Blutanströmung in Zusammenhang zu stehen. Der Beginn der Schrumpfung wird von Bonnevie [(1), S. 26] für die Fingerballen und von Cummins [(11), S. 119] ebenfalls für die Zwischenfingerballen in diesem Zeitpunkt bei Embryonen, die über 6 cm groß sind, gefunden.

Die Entwicklung der Epidermis ist weiter fortgeschritten. Bei den Embryonen K 27, K 18 und K 19 sahen wir auf den Zwischenfingerballen eine nach dem Korium mehr oder weniger tief eingedrückte, besonders rege Wachstumszone der Keimschicht. Beim Embryo E 4 finden wir keine derartig umschriebenen und ausgeprägten Bildungen mehr (Abb. 14, Taf. XLI). Durchmustert man in sämtlichen Querschnitten die Epidermis der Zwischenfingerballen, so läßt sich auf jedem Ballen eine Stelle nachweisen, die den Papillaranlagen der beiden vorhergehend beschriebenen Embryonen entspricht. Diese Stelle ist dadurch gekennzeichnet, daß die Kerne der Keimlage größer sind als im Epithel des übrigen Ballenquerschnitts. Während bei K 27, K 18 und K 19 nur eine einzelne Einbuchtung an der inneren Grenze des Epithels nach der Tiefe festzustellen ist, so ist bei E 4 die Neigung der Entwicklung unverkennbar, daß ausgehend von der Papillaranlage jetzt mehrere Faltenbildungen nach der Breite entstehen. Die Papillaranlage hat sich bereits weiter entwickelt. Der Querschnitt in Abb. 14 (Taf. XLI) trifft durch die Mitte der Längsausdehnung des dritten Zwischenfingerballens in Höhe der proximalen Epiphyse des Grundgliedes des dritten Fingers. Die zentrale Stelle der ursprünglichen Papillaranlage ist durch die Größe ihrer Keimschichtzellkerne zu erkennen. Zu beiden Seiten dieser Anlage ist die Keimschicht in ihrer inneren und äußeren Begrenzung unregelmäßig gebuchtet. Der unscharfe Verlauf der Keimlage läßt sich nach den Seiten ungefähr so weit, als es der Bildausschnitt in Abb. 14 (Taf. XLI) zeigt, verfolgen. An den Rändern fällt die Größe der Kerne allmählich ab; die Anlage geht in querer Richtung, ohne auffallende Begrenzung in die noch unentwickelte Epidermis über. Nach proximal und distal erstreckt sich die Ausdehnung der heranwachsenden Keimschicht, von der Mitte des Ballens ausgehend, in schwächer werdender Weise, ohne in dieser Längsrichtung die Enden des Ballens zu erreichen. Auf dem zweiten und vierten Zwischenfingerballen hat sich die Entwicklung der Epidermis in ähnlicher Weise wie auf dem dritten vollzogen. Während jedoch die Papillaranlage auf dem dritten und vierten Zwischenfingerballen sich nahezu gleich verhält, ist sie auf dem zweiten in etwas geringerer Stärke ausgebildet. Bei allen drei Ballen ist die Ursache des Faltungsvorganges die gleiche. Die aneinander gedrängten, vergrößerten Keimschichtzellkerne, die

runden, großen Zellen des Stratum intermedium mit den runden, in der Mitte der Zellen liegenden Kernen, die auffallend gestreckten Peridermzellen, der verdichtete Stand der Koriumzellen an den einzelnen Vorwölbungen der inneren Grenzschicht der Epidermis, — alles deutet darauf hin, daß hier eine erweiterte Wachstumszone der Keimschicht durch den Widerstand des Periderms unter Druck in Falten gelegt wird. Diese Faltenbildungen, wie sie im Schnitt in Abb. 14 (Taf. XLI) gefunden werden, sind die ersten im Entstehen begriffenen Papillarleisten der Ballen. Die wenig umschriebenen Papillaranlagen des E 4 unterscheiden sich von denjenigen des K 27 durch ihre Lage im Verhältnis zum Ballenquerschnitt dadurch, daß die Anlagen des E 4 auf der Mitte und die Anlage des K 27 auf den radialen Hälften der Ballen gelegen sind.

Die wahrnehmbaren Unterschiede in der Größe, Form und Art der Begrenzung der von den Ballen II—IV eingenommenen Bezirke der Zwischenfingerräume an der Hand des E 4 können mit den gegenseitigen Beziehungen der Skelettanlage in Zusammenhang gebracht werden. Die Grundglieder und Mittelhandknochen des zweiten und dritten Fingers stehen, verglichen mit den anderen, in der distalen Palma am weitesten voneinander entfernt. Schon auf früher Stufe treten diese Verhältnisse deutlich hervor, wie aus einem Querschnitt durch den gesamten vorderen Abschnitt der Hand in Abb. 4 (Taf. XL) hervorgeht. Dem zweiten Zwischenfingerballen steht so zu seiner Ausbreitung ein größerer Raum zur Verfügung. Dagegen sind der dritte und der vierte Zwischenfingerballen auf ein sehr begrenztes Gebiet der Palma angewiesen. Zunächst stehen der dritte und vierte Finger, die wohl von jeher enger zusammengehören, nahe beieinander. Der dadurch verkleinerte Zwischenfingerraum bedingt den schmalen dritten Ballen. Seiner Ausbreitung in der Querachse stehen radialwärts die scharfe Trennungsfurche zwischen ihm und dem zweiten Ballen und ulnarwärts die etwas weniger scharf markierte Trennungslinie gegenüber dem vierten Ballen entgegen. Die Gebiete, die, von den Grundgelenkbeugefalten ausgehend, sich nach der Handmitte zu zwischen die Ballenköpfe schieben, sind beim E 4 wie bei den vorher beschriebenen Embryonen durch eine schwache Wachstumstätigkeit der Epidermis und des Koriums gekennzeichnet. Eine Vorwölbung an diesen Stellen konnte auch nicht an anderen Händen, bei denen die Finger in den Grundgelenken nahezu völlig volar gebeugt waren, beobachtet werden. Am vierten Zwischenfingerballen des E 4 ist die kürzere Längsausdehnung z. T. wohl dadurch bedingt, daß die volare Schwimmhaut hier auf der ulnaren Hälfte der Hand im Zusammenhang mit den kürzer werdenden Mittelhandknochen weit proximalwärts liegt, so daß der vierte Zwischenfingerballen in seiner Längsausdehnung mit seiner proximalen Grenze bereits in das Gebiet der Dreifingerfurche vorstößt. Damit sind wir aber an einer Bildung angelangt, die in ihrer Entstehung und in ihrem Verlauf wahrscheinlich an die Länge der Mittelhandknochen und die Richtung der Gelenklinien der Grundgelenke

gebunden ist, wie von H. Pöch [(22), S. 141] und Eugen Fischer [(16), S. 144] angenommen wird. Lage und Form der Zwischenfingerballen hängen also in ihrer Ausbildung zum großen Teil mit dem Gesamtbau der Hand zusammen. Die am Beginn des ersten Stadiums als gleichmäßige Erhebungen festgestellten Ballen haben im Verlaufe der Entwicklung bereits an ein und derselben Hand verschieden geartete Formen angenommen.

Vergleicht man zum Schluß noch den Grad der volaren Vorwölbung der Zwischenfingerballen mit demjenigen der Fingerballen, so findet man hier einen auffallenden Unterschied. Im allgemeinen ist an der distalen Palma der vorliegenden Embryonen eine derartig starke Ballenschwellung, wie wir sie von den Fingerbeeren her kennen, nicht gefunden worden. Die Fingerballen können blasig aufgetrieben erscheinen (wie z. B. bei K 18, K 24), während die Zwischenfingerballen einer solchen Hand im Vergleich flacher erscheinen und es auch in der Tat sind, wie besonders beim Bild 33 (Taf. XLIV) und im Schnitt in Abb. 9 (Taf. XLI), deutlich zu sehen ist. Ein Grund hierfür mag unter anderem in der unterschiedlichen Blutversorgung zu suchen sein. Während in den durch die Aufspaltung der Finger voneinander getrennt wachsenden Fingerbeeren große, unpaare Blutsinus [Bonnevie (1), S. 25] durch den Zusammenlauf der beiderseitigen Arteriae digit. vol. propr. gebildet werden, sind in den Zwischenfingerballen keine derartig stark ausgeprägten Bildungen zu sehen. Es scheint in dem in sich zusammenhängenden und geschlossenen Gebiete der distalen Palma leichter zu Abflüssen und Anastomosen zu kommen. Wie wir im Schnitt Abb. 10 (Taf. XLI) sehen, sind es in den distalen Teilen der Ballen mehr kranzartig, in querer Richtung eingelagerte, einzeln verteilte, kleinere Bluträume. Größere Sinusbildungen sind in der distalen Palma hauptsächlich volar von den Grundgliedern oder in den die Fingerarterien und Nerven umgebenden Gebieten vorhanden.

Stadium II.

(Embryonen von 6,6—8 cm S.-S.-L.)

Das zweite Stadium ist dadurch gekennzeichnet, daß eine zunehmende Ballenabflachung mit langsamer Ausbreitung der Papillaranlagen über den Ballen einhergeht, wodurch größere Bezirke der Keimschicht in Falten gelegt werden. Diese Entwicklung geht aber sehr viel langsamer als die an den Papillaranlagen der Fingerballen.

Die Entwicklung der Papillaranlagen befindet sich bei Embryo E 15 (7,0 cm S.-S.-L., linke Hand, Bild 36, Taf. XLIV) auf annähernd gleicher Stufe wie beim Embryo E 4. Nur sind diesem gegenüber die Papillaranlagen des E 15 etwas schärfer ausgeprägt, wie aus Abb. 15 (Taf. XLII) hervorgeht, wo der dritte Zwischenfingerballen im Querschnitt getroffen ist. Dagegen ist die Entwicklung der Papillarleisten peripherwärts nur sehr wenig weiter fortgeschritten. Vom Mittelpunkte der Papillaranlage gehen nur einige, ganz

schwach ausgebildete Leisten allmählich in die unentwickelte Epidermis über. Dieser Erscheinung der nur langsam wachsenden Epidermis der distalen Palma steht die rege Tätigkeit der Keimschicht der Fingerbeeren gegenüber. Zum Vergleich soll hier ein Schnitt gewählt werden, der den apikalen Daumenballen in querer Richtung trifft. Das Bild in Abb. 16 (Taf. XLII) zeigt auf der radialen Hälfte des apikalen Daumenballens bereits deutlich entwickelte Papillarleisten. Das Wachstum der Epidermis auf den Fingerspitzen- und Zwischenfingerballen geht also an ein und derselben Hand nicht in gleichem Tempo vor sich.

Außerhalb der Papillaranlagen und ohne Zusammenhang mit diesen findet man auf der distalen Palma dieses Stadiums (z. B. E 15, Abb. 17, Taf. XLII) eine andere Faltung, die, wenn auch noch nicht stark ausgebildet, doch bereits zu erkennen ist. An der ulnaren Seite des zweiten Ballens sieht man einige ganz schwache, unregelmäßige Einbuchtungen im Verlaufe der Keimschicht. Diese Bildung verläuft von der ulnaren Seite der Schwimmhaut, die sich zwischen zweitem und drittem Finger ausspannt, auf dem Grenzgebiete von zweitem Zwischenfingerballen und digitaler Area des dritten Fingers in Längsrichtung proximalwärts bis etwa in Höhe der größten Querausdehnung des Ballens. Diese Faltung ist im Querschnitt Abb. 17 (Taf. XLII) zu sehen. Man sieht die einzelnen Vorwölbungen der Keimlage gegen das Korium in ihrer Form unregelmäßig gebuchtet. Die Falten sind nicht in einer zusammenhängenden Reihe angeordnet, wie sie im Gegensatz hierzu die Faltung innerhalb der Papillaranlagen (s. Abb. 14, Taf. XLI) aufweist. Ebenso läßt sich von der zwischen dem dritten und vierten Finger vorhandenen, ventralen Schwimmhaut eine noch schwächer ausgebildete Faltung, die der eben geschilderten winklig entgegenzieht, verfolgen. Diese spitzwinklige Richtung ergibt sich daraus, daß die beschriebenen Faltungsbildungen mit den Ballenrändern an der Grenzstelle von Ballen und übriger, hier eingezogener Palma (Area) verlaufen. Die ovalen Ballen sind ja zunächst in ihrem distalen Gebiete schmal und verbreitern sich dann proximalwärts bis ungefähr zur Mitte ihrer Längsachse. Mit diesem Verlauf nähern sich die einander zugekehrten Seiten der Ballen und damit auch ihre seitlich sich anlegende Faltung. Die Epidermis scheint also auch an Stellen außerhalb der eigentlichen Ballen in Zusammenziehung begriffen. Die embryonale Schwellung der ganzen Hand, die sich bei Embryonen am Anfang des ersten Stadiums in dem allseits runden und weichen Umriß der Hand bemerkbar machte, ist in Rückbildung begriffen. Als erste Folgeerscheinung sahen wir einen Faltungsvorgang, der an den besonders entwickelten Stellen der Ballen, im Zentrum der wachsenden Papillaranlagen, zuerst anfängt. Bei Embryonen des vierten Monats findet man dazu bereits seitlich und außerhalb von den Papillaranlagen den Beginn der beschriebenen, im einzelnen zunächst schwer zu deutenden, diffusen Faltung. Aus ihr wird später die sog. „Seitenfaltung“ (s. S. 427), sie sei jetzt schon so genannt.

Dieses nur langsam fortschreitende Wachstum in den Papillaranlagen der Zwischenfingerballen, wie es beim Embryo E 15 (7,0 cm S.-S.-L.) gefunden wurde, zeigt auch ein Embryo von 7,7 cm S.-S.-L. (E 5, rechte Hand, Bild 37, Taf. XLIV). Während die Fingerballen dieses Embryos Musterzentren erkennen lassen, haben sich die Papillaranlagen der Zwischenfingerballen nur schwach weitergebildet. Auf den Zwischenfingerballen, wie z. B. auf dem zweiten (Abb. 18, Taf. XLII), sind einige aus der Papillaranlage entstandene Falten eine kurze Strecke weit einzeln zu verfolgen. Dabei wird auch von neuem die schwankende Lage der Papillaranlagen auf den Ballen deutlich. So ist beispielsweise in Abb. 18 (Taf. XLII) die Papillaranlage ganz auf die radiale Wölbungshälfte des Ballens gerückt; bald liegt sie auch gegen den distalen, bald mehr gegen den proximalen Pol. Infolgedessen trifft ein Querschnitt durch sie bald die proximalen Epiphysen der Grundglieder, bald die Köpfe der Mittelhandknochen (s. Abb. 18, Taf. XLII).

Es ist auffällig, daß bei starker proximaler Verschiebung der Papillaranlage, wie sie Embryo E 5 zeigt, die Dreifingerfurche fehlt. Die Ballengegend wird gegenüber der Hohlhand nur durch eine Beugefalte, die Vierfingerfurche (Affenfalte) abgegrenzt (s. Bild 37, Taf. XLIV). Ob ein ursächlicher Zusammenhang besteht, muß ich offen lassen.

Der weitere Faltungsvorgang im Gebiete der Papillaranlagen ist nun deutlich von der Oberflächenkrümmung der Ballen abhängig.

Sind die Zwischenfingerballen abgeflacht, wie z. B. der dritte und vierte in Abb. 19 (Taf. XLII), so lassen sich die Papillaranlagen als längsgestreckte Faltungsgebiete verfolgen. Die einzelnen Faltungen können in einer von der Mitte des Ballens aus schwächer werdenden Weise den Ballenquerschnitt überziehen, wie das in Abb. 19 (Taf. XLII) besonders beim dritten Ballen der Fall ist. Das Faltungsgebiet kann auch infolge radialer Lage der Papillaranlage nur die radiale Ballenseite einnehmen, wie das in dem genannten Schnittbild beim vierten zu sehen ist. Auf all diesen Ballen, deren Wölbung zurückgebildet ist, verlaufen die sich entwickelnden Papillarleisten in der Längsrichtung dieser Ballen. Auf Ballen aber, deren Abschwellung nicht in dem gleichen Maße eingetreten ist, wird dagegen Umbiegung in der Leistenrichtung beobachtet. So ist der zweite Zwischenfingerballen in Abb. 19 (Taf. XLII) in querer Richtung fast halbkugelig vorgewölbt. In seiner Gesamtform jedoch durch sämtliche Schnitte betrachtet, ist er nicht allseits rund und symmetrisch über seine Umgebung erhoben; seine proximale Umgrenzung fällt gerundet und ziemlich steil nach dem Handteller ab. In der Querausdehnung nach distal nimmt er allmählich Spindelform an und verflacht dann weiterhin vollständig auf der ventralen Schwimmhaut. Der Form dieses Ballens entsprechend verhält sich auch die Ausbildung der Papillaranlage. Sie besteht aus fünf parallelen Leisten (im Querschnitt in Abb. 19, Taf. XLII zu sehen). Diese beginnen radial weiter vorn, gehen dann um die proximale Wölbung des Ballens herum und laufen ulnar wieder nach vorn, aber nicht so weit wie

der radiale Beginn. Abb. 20 (Taf. XLIII) stellt einen Schnitt dar mitten durch die proximale Umbiegungszone. Der Übergang von radialem zu ulnarem Längsverlauf ist durch die gerade, flache Stelle in der Mitte des Schnittes gekennzeichnet. Diese kurze, gerade verlaufende Stelle der Keimschicht zwischen den beiden Leistengruppen entsteht dadurch, daß hier die umbiegenden Leisten nicht mehr in der Längsrichtung des Ballens, sondern quer dazu verlaufen.

Diese ganze Erscheinung des gebogenen Leistenverlaufs in Abhängigkeit von der Form des Ballens entspricht ganz den Ergebnissen Bonnevie's (1, 2) über die entsprechende Entwicklung der Fingerbeerenmuster und den von Cummins (10) in einem anderen Zusammenhang auf der Palma gefundenen Verhältnissen. Die Papillarleisten haben die Neigung, hohe, gewölbte Flächen zu umlaufen, so daß Wirbel- oder Schleifenmuster entstehen. Entsprechend der runden Wölbung finden wir nun proximal von der Mitte der Längsausdehnung des zweiten Ballens eine solche Erscheinung an der rechten Hand des Embryos E 10 (8,0 cm S.-S.-L., Bild 38, Taf. XLIV). Die Oberflächenkrümmung des zweiten Ballens tritt hier am stärksten hervor dadurch, daß er einerseits in querer Richtung über seine Umgebung nahezu symmetrisch vorgewölbt ist und andererseits, gegen die Hohlhand in seiner Längsachse betrachtet, gerundet abfällt. Die distale Hälfte des Ballens, die wir noch bei jüngeren Embryonen (Abb. 8, Abb. 4, Taf. XL) stark nach volar vorragend fanden, ist beim Embryo E 10 in ihrer Wölbung vollkommen zurückgebildet. Der Ballen läuft hier auf der Schwimmhaut flach aus. Da eine distale Rundung fehlt, so ist es möglich, daß hier eine nach distal offene Schleife sich anlegt, wie wir sie als fertiges Muster im zweiten Zwischenfingerraum in Textabb. 4 sehen. Der ganze hier geschilderte Faltungsvorgang spielt sich immer noch an der inneren Grenze der Epidermis ab, ohne daß von außen hiervon etwas zu bemerken ist.

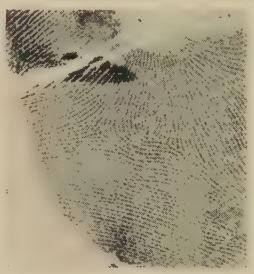


Abb. 4. Teilausschnitt aus einem Handabdruck der rechten Hand eines Erwachsenen zeigt ein Schleifenmuster im zweiten Zwischenfingerraum, den Triradius a und einen akzessorischen Triradius an der ulnaren und proximalen Seite des Musters.

Beim Embryo E 10 tritt noch eine andere Art der Nervenversorgung der Epidermis auf, die von der beim Embryo K 27 geschilderten abweicht. Zunächst finden wir im zweiten bis vierten Zwischenfingerballen die schon beim Embryo K 27 beschriebenen, teils volar vor die Grundglieder, teils in die Ballen selbst sich gabelnden Nervenäste, die den volaren Fingernerven entspringen. Daneben jedoch steigen von proximal nach distal Nervenzweige auf, die verschiedentlich kleine Äste in die Papillaranlagen entsenden. So sehen wir in Abb. 21 (Taf. XLIII) einen Ast, der sich vom N. dig. vol. propr. rad.

des vierten Fingers abgelöst hat und in leicht volar geneigtem Zuge bis in die distale Hälfte des dritten Ballens zieht. Hier entsendet er zwei Papillarnerven, von denen einer mit einem kleinen Blutgefäß zusammengeht, an die Epidermis. Die Lage dieses aufgestiegenen Nervenastes, bezogen auf das Skelett, ist an der genannten Stelle genau interdigital; von der Epidermis aus betrachtet, befindet er sich unmittelbar unter der Papillaranlage. Die gleiche Nervenversorgung sehen wir auch in Abb. 19 (Taf. XLII) im vierten Zwischenfingerballen. Auffallend ist jedoch, daß der aus dem ulnaren Fingernerven des vierten Fingers entsprungene und dann distal aufgestiegene Ast hier nicht etwa auch interdigital liegt, sondern in seiner Längsrichtung sich genau dem Verlauf der Papillaranlage des vierten Ballens anschließt und in dem genannten Bilde auch genau dorsal davon angetroffen wird, von wo er einen Ast in die wachsende Epidermis entsendet.

Auch bei E 10 finden sich außerhalb der Papillaranlagen leichte Faltungen, die seitlich von den Ballen vorhanden sind. In Abb. 19 (Taf. XLII) sieht man längs verlaufend mit dem Zwischenfingerabschnitt der Dreifingerfurche — ulnar vom zweiten Ballen — kleine Unregelmäßigkeiten im Verlauf der Keimschicht, die sich von der ventralen Schwimmhaut an verfolgen lassen. Sie verlaufen parallel diesem distalen Ausläufer der Dreifingerfurche, der in querem Zuge zwischen dem zweiten und dritten Ballen hindurch bis herauf zur Schwimmhaut radial von der Basis des dritten Fingers zieht. Seitlich von den übrigen Ballen findet man ähnliche Leistenbildungen; die einzelnen Leisten sind jedoch noch ganz schwach ausgebildet. Andeutungsweise lassen sie jedoch in ihrer Hauptrichtung erkennen, daß diejenigen, die von der zweiten und dritten Schwimmhaut ausgehen, einander in geneigtem Laufe entgegenziehen, ebenso wie diejenigen, die ulnar vom dritten und radial vom vierten Ballen entstehen, einander ebenfalls in ihrem Längszuge geneigt entgegenlaufen.

Stadium III.

(Embryonen von 8,1—10,8 cm. S.-S.-L.)

Die Embryonen des dritten Stadiums lassen einen schnelleren Fortschritt in der Entwicklung ihrer Papillaranlagen auf den Zwischenfingerballen erkennen. Der ganze Ballen wird von Leisten bedeckt. Ebenso entwickeln sich alle Hautleistenzüge der distalen Palma. Am Ende dieser Zeit, also gegen Ende des vierten Monats, sind alle Leistensysteme an der Innenseite der Epidermis fertig ausgebildet. An der Oberfläche der Palma ist davon noch nichts festzustellen. (Bis hierher sollten sich meine Untersuchungen erstrecken.)

Bei einem Embryo von 8,1 cm S.-S.-L. (K 28, linke Hand, Bild 39, Taf. XLIV) findet man proximal von den Grundgelenkbeugefalten des zweiten bis fünften Fingers der linken Hand die dreieckig eingezogenen Areae. In den Stadien, wo die Ballen in vollem Wachstum stehen, stechen diese Stellen in Querschnittsbildern ganz besonders scharf gegen den vorgewölbten Ballen

ab (s. Abb. 7 u. 8, Taf. XL, früheres Stadium!). Die Abschwellung der Ballen ist inzwischen eingetreten. Auf den durch Wachstumsverlangsamung ausgesparten Areae beginnt jetzt eine quere Faltung der Epidermis. In Abb. 22 „AF." (Taf. XLIII) ist die Basis des vierten Fingers im Längsschnitt getroffen. Die Leisten, die die digitale Area überziehen, legen sich genau parallel und proximal von der Grundgelenkbeugefalte des vierten Fingers an. Die gleiche Beobachtung läßt sich an den anderen Grundgelenkbeugefalten der Finger machen. In der Querausdehnung lassen sich die proximal von den Grundgelenkbeugefalten entstehenden Leisten z. T. noch nicht besonders weit verfolgen. Besonders weit nach radial ziehen lediglich die Falten proximal vom zweiten und nach ulnar die Falten proximal vom fünften Finger, die nach den abfallenden Kanten der Hand hinziehen. Der geschilderte Faltungsvorgang proximal von den Grundgelenkbeugefalten spielt sich außerhalb und unabhängig von den Papillaranlagen der Ballen und von den oben beschriebenen Seitenleisten ab. Es entsteht ein besonderes Faltensystem, das auf Grund seiner Lage als Arealfaltung bezeichnet werden soll.

Die Ausbildung weiterer Leisten zur Ausfüllung des ganzen übrigen vorderen Handtellers vollzieht sich jetzt im räumlichen Anschluß an die Beugefurchen. Diese trennen den distalen Teil des Handtellers jetzt schon sehr deutlich von der Hohlhand ab. Die Dreifingerfurche umzieht den dritten und vierten Ballen, der zweite ist von ihnen gesondert und wird durch die Fünffingerfurche gegen die proximale Hand abgegrenzt. Distal von den Beugefurchen fanden sich auf früheren Stadien (z. B. K 24, Abb. 6, Taf. XL) streckenweise, volare Aufwölbungen des Koriumgewebes und auffallende Epidermisverdickungen, die auf eine besondere Wachstumstätigkeit dieser Gebiete schließen ließen. Diese Stellen sind inzwischen abgeflacht, wie es beim Embryo K 27 erwähnt wurde. An diesen Stellen, also distal von und parallel zu den Beugefurchen, zur Dreifingerfurche, zur Fünffingerfurche und Daumenfurche, treten Leistenbildungen auf, in der Bildungsart, wie bei den Papillaranlagen auf den Ballen, also als kleine Faltungen des Stratum germinativum nach der Tiefe zu. Ein solcher Faltungsvorgang wird in Abb. 23 „FF." (Taf. XLIII) angetroffen. In diesem Längsschnitt, der durch den Mittelhandknochen des vierten Fingers geht, sind zwei Beugefurchen zugleich getroffen: links im Bilde die Dreifinger-, rechts die Fünffingerfurche. Vor diesen Beugefurchen sieht man die senkrecht zum Schnitt verlaufenden Papillarleisten; sie sind distal von den Beugefurchen am stärksten entwickelt und ziehen vollkommen parallel mit ihnen. Die im Bereiche der Beugefurchen entstandenen Papillarleisten stellen also eine weitere Papillarfaltung dar, die sich außerhalb der Ballen an der distalen Palma gebildet hat. Die Papillarleistenzüge, die parallel mit der Dreifinger- und Fünffingerfurche verlaufen, sollen in folgendem der Kürze wegen als Furchenfaltung bezeichnet werden.

Die Papillaranlagen der Ballen II—IV selbst haben sich um diese Zeit fast über die ganze zur Verfügung stehende Fläche ausgebreitet. Auf dem

zweiten und dritten Ballen werden längsgestreckte, mit den Ballenlängsachsen verlaufende Falten angetroffen. Die Papillarfalten biegen an den proximalen Ballenenden ulnarwärts ab, wobei diejenigen des dritten in die Faltung parallel der Dreifingerfurche und diejenigen des zweiten Ballens in die Furchenleisten der Fünffingerfurche überzugehen scheinen. Auf dem vierten Zwischenfingerballen entsteht eine Schleife. Abb. 24 „MF." (Taf. XLIII) zeigt einen Schnitt durch die Musteranlage. Der Schnitt läuft in seiner Richtung distalwärts auf die Handachse zu. Vom Skelett sind so in querer Richtung Mittel- und Endglied des vierten Fingers und der Mittelhandknochen des fünften Fingers an seinem proximalen Ende in schräger Richtung getroffen. Das Schleifenmuster selbst ist in seinem proximalen Teile radialwärts gerichtet. Infolge der Schnittführung und der Lage des Musters sind in dem genannten Schnitt nur die proximal umbiegenden Leisten senkrecht getroffen.

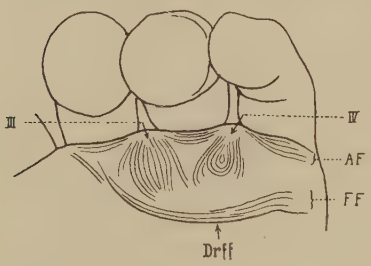


Abb. 5. Halbschematische Wiederherstellung der in den Längsschnittserien durch die linke Hand des K 28 im Umkreis des dritten und vierten Ballens gefundenen Papillarleisten. Erklärung der Abkürzungen (auch für folg. Abb. geltend) s. S. 437.

Betrachtet man (in Textabb. 5) die verschiedenen im Entstehen begriffenen Faltensysteme im Umkreise des vierten Ballens im Zusammenhang, so ergibt sich folgendes Bild: Auf dem vierten Ballen selbst ist ein Schleifenmuster im Entstehen. In seiner Längsausdehnung liegt es in der Richtung der Längsachse des vierten Ballens. Die proximale Grenze des Musters ist mit dem Ballen leicht nach radial-proximal gerichtet. Die distal ziehenden Leisten der Schleife laufen auf die ventrale Schwimmhaut zu. Sie enden in ihrer Verlaufsrichtung ungefähr senkrecht zu der den Zwischenfingerspalt abschließenden Schwimmhaut, die nach ulnar und proximal abfällt. Parallel der Beugefalte an der Basis des fünften Fingers bilden sich die „Arealleisten" aus, die die digitale Area in querem Zuge überlagern. Proximal vom Schleifenmuster des vierten Ballens zieht die Dreifingerfurche mit den distal von ihr entstehenden „Furchenleisten", wie sie der Schnitt in Abb. 24 (Taf. XLIII) zeigt. Ulnar vom Schleifenmuster, proximal von der Grundgelenkbeugefalte des fünften Fingers, distal von den Furchenfalten der Dreifingerfurche findet sich eine dreieckige, noch offene, leistenlose Zone. Wie die Entwicklung zunächst an der Kleinfingerseite des distalen Handtellers weitergeht, sollen Querschnittsbilder der Hand des nächst älteren (9,2 cm S.-S.-L.) Embryos K 23 zeigen.

Die rechte Hand des K 23 (9,2 cm S.-S.-L., Bild 40, Taf. XLIV) zeigt im Bilde die Oberfläche der distalen Palma mit Beugefalten stark durchfurcht. Der dritte und vierte Zwischenfingerballen sind auch hier durch die Dreifingerfurche und der zweite durch die Fünffingerfurche gegen die Hohlhand

abgegrenzt. Dazu kommen noch tief einschneidende Längsfurchen, die die drei distalen Ballen des Handtellers voneinander trennen [„Ringfingerfurche" und „Mittelfingerfurche", H. Pöch, (22), S. 135]. Die Querschnittserien zeigen auch an dieser Hand, daß die entstehende Faltung die Neigung besitzt, parallel mit den Furchen zu verlaufen. Die Papillarfaltung kann an der vorliegenden Hand in den wesentlichen Teilen als nahezu fertig angelegt betrachtet werden. Die Papillarleisten treten an der Grenze von Epidermis und Korium bereits deutlich in Erscheinung. Die einzelnen Faltungen der Keimschicht sind regelmäßig und kräftig entwickelt. Die Papillarfalten erscheinen besonders dadurch als groß und schon leistenähnlich, daß die Vorbuchtungen der Keimlage gegen das Korium weiter auseinandergerückt sind und so mit ihren Vorwölbungen einen größeren Anteil des Koriums umfassen.

Bei Querschnittserien durch die Kleinfingerseite des distalen Handtellers findet man auf dem vierten Ballen und in seiner Umgebung verschiedene, einzeln unterscheidbare Faltensysteme, wie sie uns in Abb. 25 (Taf. XLIII) entgegentreten.

In diesem Querschnitt ist auf der Mitte des vierten Ballens, etwas nach der radialen Seite zu, die ehemalige Papillaranlage zu erkennen. Die einzelnen Falten sind auf einem umschriebenen Gebiete, nämlich in der Papillaranlage des Ballens, am besten ausgeprägt. Im ganzen umfaßt die Papillaranlage in dem genannten Schnitt ca. 10 einzeln feststellbare Leisten (Abb. 25, Taf. XLIII, „MF."). Distal von der im Schnitt getroffenen Stelle konnte eine Strecke weit ungefähr die doppelte Leistenzahl gefunden werden. Hier jedoch, im Schnitt in Abb. 25 (Taf. XLIII), sind bereits die äußeren Leisten nach der Mitte zusammengerückt. Je weiter proximalwärts man von der genannten Stelle geht, desto kleiner wird die in Schnitten getroffene Leistenzahl. Bis zuletzt bleiben nur noch in der Mitte liegende Papillarfalten als einzige übrig, die senkrecht getroffen werden. Die mittleren Leisten verlaufen also nahezu in Längsrichtung. 12 Schnitte (7,5 μ dick) proximal von dem in Abb. 25 (Taf. XLIII) gesehenen Schnitt sind sämtliche Leisten in den Querschnittbildern verschwunden. Die Papillarleisten sind, von außen nach innen fortschreitend, gegeneinander zusammengeschmolzen. Sie bilden eine zur Schwimmhaut offene Schleife. Die Musterfaltung ist zu beiden Seiten von anderen Leistensystemen eingerahmt. Der links und getrennt vom Schleifenmuster befindliche Leistenzug — er soll hier als die ulnare Seitenfaltung des vierten Ballens bezeichnet werden — ist in den Querschnitten eine größere Strecke weiter proximalwärts, als die Schleife reicht, zu verfolgen. Die Seitenfaltung umläuft die nach der Kleinfingerseite abfallende Partie des vierten Ballens und biegt dann proximal vom Schleifenmuster radialwärts um. Sie verschmilzt dann in ihrem weiteren Zuge mit den Falten, die parallel der Dreifingerfurche ziehen. Erst dort, wo die ulnare Seitenfaltung aus ihrem Längszuge in den queren, nach der Daumenseite der Hand gerichteten Lauf übergeht, stößt sie mit ihren äußeren, am weitesten nach der Kleinfingerseite der Hand reichenden Leisten

mit der Arealfaltung zusammen. Die Anzahl der Leisten, die der Grundgelenkbeugefalte des fünften Fingers folgen, ist an der Stelle des Zusammenlaufs mit der Seitenfaltung bis auf ca. 12 Papillarlinien angewachsen. Die Arealfaltung fällt nach der ulnaren Handkante in proximal-ulnarem Zuge ab. Die proximale Abgrenzung der nach der ulnaren Handkante ziehenden Arealleisten und der radialwärts gehenden Seitenfaltung, also der nach zwei verschiedenen Seiten auseinanderweichenden Papillarlinienzüge, wird durch die Leisten bewirkt, die parallel mit der Dreifingerfurche verlaufen.

Das offen gebliebene Gebiet zwischen drei zusammenstoßenden Leistenzügen, wie es noch beim Embryo K 28 an der entsprechenden Stelle der Hand zu finden war, ist nahezu verschwunden. Die drei gleichzeitig sich verbreitenden Hautleistenzüge, also die Seitenfaltung des vierten Ballens, die Arealfaltung und die Furchenfaltung, sind durch weiteres Wachstum hier fast völlig zusammengestoßen. Dadurch ist der Triradius d an der Basis des fünften Fingers gebildet, wie aus einer bildmäßigen Wiederherstellung (Textabb. 6) der in den Schnitten gefundenen Leistenverhältnisse hervorgeht. Entwicklungsgeschichtlich ist die Stelle des künftigen Triradius sozusagen der Rest der leistenfreien Zone zwischen den genannten Faltenzügen. Auch hier besteht also eine „diskontinuierliche" Leistenbildung, wie sie an den Fingern Bonnevie [(1), S. 43] für die „Mantel-, Muster- und Basalleisten" nachgewiesen hat. Sie bringt also den Triradius zustande. Wie verhält sich nun aber das Zustandekommen der Abgrenzung der anderen Hautleistenzüge dann, wenn Ballen vorhanden sind, die keine Muster tragen? Es handelt sich hierbei um die flachen Ballen, die wie oben gezeigt, etwa parallele Längsleisten und keine Muster haben.

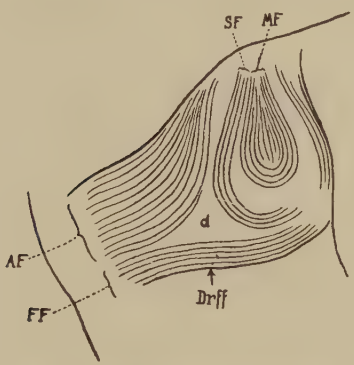


Abb. 6. Halbschematische Wiederherstellung der Leistenzüge im Gebiete des vierten Ballens auf der rechten Hand des K 23. Seitenfaltung des IV. Ballens, Arealfaltung und Furchenfaltung der Dreifingerfurche bilden den Triradius d.

Zunächst soll hierzu noch einmal die Hand des Embryo K 28 (8,1 cm S.-S.-L.) betrachtet werden. Hier an der linken Hand dieses Embryos entsteht auf dem dritten Ballen kein Muster; die Papillarleisten verlaufen in ihrer Längsrichtung mit diesem Ballen in geneigtem Zuge ulnar-proximalwärts (s. halbschematische Wiederherstellung der auf dem dritten Ballen gefundenen Leisten in Textabb. 5). Auf der dem vierten Ballen zugeneigten Seite würden die ulnaren Seitenleisten des dritten Ballens zu suchen sein. Sie sind aber im einzelnen nicht mehr festzustellen. Die aus der Papillaranlage entwickelte Faltung ist fortlaufend über die ganze Ballenbreite ausgedehnt und mit den seitlichen Leisten verschmolzen. Die ulnaren Falten des dritten Ballens laufen

so mit den radialen Seitenfalten des vierten gegeneinander zusammen (s. Textabb. 5). Distal von der Vereinigungsstelle dieser beiden Leistenzüge befindet sich eine offene Stelle, die voraussichtlich von den Arealfalten ausgekleidet wird. Das so eingekreiste Gebiet stellt die Stelle dar, wo durch künftiges Wachstum wahrscheinlich das Zusammentreffen der drei Leistensysteme erfolgen wird, wodurch der Triradius c entsteht. Auf der radialen Seite des dritten Zwischenfingerballens macht der distale Ausläufer der Dreifingerfurche seinen Einfluß auf die Ausgestaltung des Leistenbildes geltend. Die tief einschneidende Furche zieht distalwärts bis in die Nähe der Grundgelenkbeugefalte des dritten Fingers, ohne sie ganz zu erreichen. Zweiter und dritter Ballen werden so, wie das Bild 39 (Taf. XLIV) zeigt, völlig voneinander geschieden. Zu beiden Seiten dieser Furche legen sich die Papillarfalten parallel ziehend an. Die ulnaren Falten des zweiten und die radialen des dritten Ballens münden in das tief eingezogene Gebiet ein und verschmelzen mit den diese Furche begleitenden Papillarleisten. Eine Unterscheidung von Seiten- und Ballenfaltung ist hier nicht mehr zu machen, da beide Ballen keine Muster tragen. Die schwach ausgebildeten Papillarleisten auf der Area an der Basis des dritten Fingers lassen vermuten, daß bei weiterer Entwicklung hier als gegenseitige Abgrenzung der Triradius b entsteht. Auf dem zweiten Ballen ziehen die Leisten auf dessen proximaler Hälfte in scharfer Umbiegung ulnarwärts, proximal abgegrenzt durch die Furchenleisten der Fünffingerfurche, mit denen sie dann gemeinschaftlich in querer Richtung verlaufen. Die Faltung auf der digitalen Area des zweiten Fingers ist etwas stärker entwickelt. Durch weiteres Wachstum der drei Leistenzüge kann hier der Triradius a gebildet werden.

In den eben beschriebenen Längsschnitten durch die Hand des Embryos K 28 werden schon die Ausbreitungsvorgänge der Papillarfaltung im einzelnen angedeutet. Die beim K 28 angebahnte Entwicklung ist beim Embryo K 23 weiter fortgeschritten. Der Vergleich der Wachstumsverhältnisse der Epidermis beider Embryonen zeigte dies schon im Falle der Entstehung des Triradius d, der beim K 23 an der unteren Fläche der Epidermis schon nahezu fertig vorhanden ist, ohne daß von außen das geringste davon wahrzunehmen ist. Von außen betrachtet, zeigt diese Hand des K 23 im Bilde 40 (Taf. XLIV) die Zwischenfingerballen stark vorgewölbt. Ein Grund für die bis in dieses Alter bestehen bleibende Ballenschwellung ist, wie die Schnittserien zeigen, in der starken Blutversorgung dieser Hand zu suchen. Die Fingerarterien sind prall mit Blut angefüllt. In den Ballen selbst, besonders in deren distalen Hälften, sind sehr zahlreiche, kleinere Bluträume eingestreut. In Abb. 25 (Taf. XLIII) werden bei einem Schnitt durch den vierten, vorgewölbten Zwischenfingerballen, der eine Schleife trägt, diese Verhältnisse deutlich sichtbar.

Auf dem zweiten Ballen wird kein dem vierten entsprechendes Muster gefunden. Bei Betrachtung der Querschnitte durch den zweiten Ballen begegnen uns aber Bilder, die von bisher Gesehenem abweichen. Die eine Längsseite des zweiten Ballens fällt, wie Bild 40 (Taf. XLIV) zeigt, steil nach ulnar

in die tiefe, den zweiten vom dritten Ballen trennende, Furche ab. Nach der anderen Seite geht der Ballen, schwach gerundet, in die Daumenseite des Handtellers über. Verfolgt man in den Querschnitten, ausgehend von der Schwimmhaut, die den Ballen überziehenden Leisten, so erhält man den Eindruck, als würden sie in Form einer Schleife angelegt. Die Papillarleisten verlaufen am Ballenkopf zunächst miteinander parallel. Gegen die Mitte des Ballens, in seiner Längsachse betrachtet, weichen sie jedoch in ihrem Verlaufe auseinander. Eine Leistengruppe zieht an der ulnaren, steilen Ballenseite in ununterbrochenem Längszuge proximalwärts. Die andere Gruppe umläuft in geschwungenem Zuge die radiale Ballenseite. Die auf der radialen Seite des Ballens stark entwickelten Papillarleisten lassen darauf schließen, daß hier das Gebiet der ehemaligen Papillaranlage zu suchen ist. Proximal von der Mitte der Längsausdehnung des zweiten Ballens biegen die Leisten der Papillaranlage scharf ulnarwärts um und verschmelzen unter starker Verminderung der Leistenzahl mit der ulnaren Leistengruppe des zweiten Ballens. Das so entstandene Papillarleistenbild entspricht einer Musterart, die in der Einordnungsweise der Hautleistenmuster des Handtellers als M [„Multiplication of ridges“, Cummins u. a. (12), S.471] bezeichnet wird. Dieses Muster ist dadurch entstanden, daß die ulnar befindlichen Seitenleisten, wie wir sie schon in Abb. 19 (Taf. XLII) seitlich vom zweiten Ballen entstehen sahen, auf Grund der flächenhaft geraden Ballenseite in entsprechend gerade gerichtetem Zuge verlaufen und dazu noch an der tief eingezogenen Furche ausgerichtet werden. Die Leisten der Papillaranlage dagegen folgen der auf der radialen Seite leicht geschwungenen Ballenform, insofern sie mit dem sich sowohl nach distal wie nach proximal verschmälernden Ballen verlaufen. Proximal wird der zweite Ballen noch durch die Furchenfalten der Fünffingerfurche, die hier hoch heraufzieht und von der Daumenfurche getrennt verläuft, in schräger Richtung abgegrenzt. Eine halbschematische Wiederherstellung des Leistenverlaufs in Textabb. 7 erläutert diese Verhältnisse näher. Hierbei sind auch die übrigen an der Daumenseite der distalen Palma gefundenen Leistenzüge samt Beugefalten eingezeichnet. Aus der Darstellung geht die Entstehung der gegenseitigen Leistenabgrenzung in Gestalt des Triradius a an der Basis des zweiten Fingers hervor.

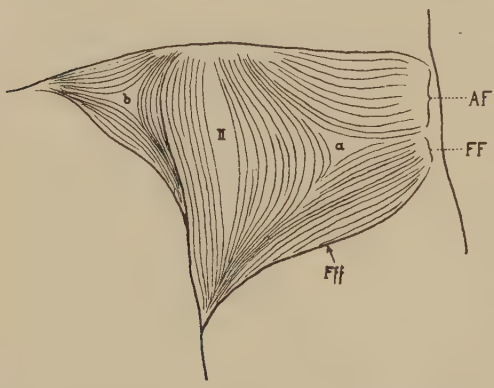


Abb. 7. Halbschematische Wiederherstellung der Leistenzüge im Gebiete des zweiten Ballens der rechten Hand des K 23. Auf diesem Ballen ein „M“ (Erklärung im Text). Ballen-, Areal- und Furchenfaltung bilden hier den Triradius a.

Entsprechend dem Verlauf der verschiedenen Beugefalten und ihren Ausläufern bilden sich auch die anderen Leistensysteme und damit die Triradien. So geht z. B. bei Embryo K 23 ein Ausläufer der Dreifingerfurche zusammen mit der Mittelfingerfurche steil distalwärts, gabelt sich erst weit außen und entsendet so je einen Ast zur rechten und linken Seite der Basis des dritten Fingers. Dadurch laufen die Furchenfalten dieser Gabeläste auch aufwärts und treffen die querziehenden Arealfalten des dritten Fingers (Textabb. 7). So entsteht Triradius b. In ähnlicher Weise verläuft die Bildung des Triradius c an der Basis des vierten Fingers. Dagegen zeigt sich noch eine Besonderheit an der proximalen und ulnaren Seite des dritten Ballens. Hier entsteht wahrscheinlich ein akzessorischer Triradius, wie er in Textabb. 4 im Anschluß an die Schleife auf dem zweiten Ballen zu sehen ist. Grundsätzlich sind in dem fertigen Muster in Textabb. 4 wie hier in vorliegendem Falle dieselben Umstände zur Bildung eines akzessorischen Triradius gegeben. Es stoßen an der proximalen Grenze des dritten Ballens drei Leistensysteme aufeinander, und zwar die Musterfaltung des dritten Ballens, die ulnare Seitenfaltung und die Furchenfaltung der Dreifingerfurche. Letzte Sicherheit, ob hier aus der embryonalen Bildung wirklich ein echter akzessorischer Triradius hervorgegangen wäre, ist natürlich nicht zu gewinnen, es ist aber anzunehmen.

Aus den angegebenen Einzelheiten erklären sich nun großenteils die Unterschiede in Lage, Anordnung und Zahl der Triradien und Muster. Verhältnismäßig feststehende Grundbedingungen sind die Beugefurchen an den Grundgelenken der Finger und die proximal sich daran anschließenden Arealfalten, dann die großen, quer bezw. schräg gelagerten Beugefurchen der Handfläche, die Drei- und Fünffingerfurche und ebenfalls (distal) daran angeschlossene Falten (Furchenfalten). Dagegen ist von den Ballen nur ihre Zahl und Gesamtlage feststehend, während demgegenüber Größe, Wölbungsgrad, Lage der Längsachse und Lage der Papillaranlagen auf diesen Ballen stark schwankt. Von der Ballenwölbung aber hängt die Ausbildung der Hautleistenrichtung auf den Ballen ab, ob nämlich ein Muster mit den dann vorgefundenen Seitenleisten oder kein Muster, in diesem Falle also ein offenes Feld, aus der Papillaranlage entsteht. Alle diese Verhältnisse sind nun für die Triradien a und d andere als für b und c. Für die Entstehung der Triradien a und d kommen die wenig schwankenden Areal- und Furchenfalten (für a die Fünffingerfurche, oft vereint mit dem Beginn der Daumenfurche, für d die Dreifingerfurche) und die angrenzende Ballenfaltung des zweiten und vierten Ballens in Betracht. Ändernde Einflüsse auf die Abgrenzungsstelle der drei Leistenzüge kommen hauptsächlich von seiten der Ballenfaltung des zweiten und vierten Zwischenfingerballens. Je nachdem die Lage der Papillaranlagen des zweiten, bezw. vierten Ballens in der Quer- oder Längsrichtung schwankt, ist auch die Stelle des Zusammentreffens mit den beiden anderen Leistenzügen verschieden. Das Ergebnis kann aber lediglich eine schwankende Lagerung dieser Triradien bedeuten. So kann z. B. bei beson-

ders weit radial gelegener Papillaranlage auf dem zweiten Zwischenfingerballen der Triradius a besonders weit nach der Daumenseite verschoben werden, wie es Textabb. 7 zeigt. Triradius a und d, deren Lage in gewissen Grenzen Schwankungen unterworfen ist, werden so, im ganzen gesehen, regelmäßig und feststehend an der Basis des zweiten und fünften Fingers gebildet. Dadurch also ist deren Lage verhältnismäßig „fest", wie es von der Einordnungsweise der Handabdrücke her bekannt ist.

Bei b und c dagegen ist nur die Arealfaltung verhältnismäßig fest; die Ballen schwanken. Zwischen ihnen treten Furchen mit und ohne Gabelung auf, die sekundäre Furchenfaltung im Gefolge haben. Am unbeständigsten ist bekanntlich c. Das kommt von der Achsenlage der Ballen. Die Längsachsen von Ballen II und III laufen fast parallel, genauer gesagt, schwach konvergent gegen die Mitte der Handwurzel, Ballen IV aber ist mit seiner Längsachse oben weiter nach außen, kleinfingerwärts gerichtet, und sie geht von da an stärker gegen die Achse des dritten Ballens konvergent, in Richtung nach der Handmitte. Die Ballen III und IV sind sich, besonders in den unteren Enden, näher gerückt. Sehr verschieden (individuell) ist die Wölbung der einzelnen Ballen. So kommt es, daß sich bald Musterfalten und Seitenfalten des einen Ballens mit ebensolchen, oder aber mit offenen Feldern des benachbarten treffen und mit den Arealfalten den Triradius bilden müssen, der dadurch jedesmal anders wird. Die geschilderte Lage des dritten und vierten Ballens bedingt am häufigsten, daß die Ballenfaltung des einen am unteren Ende auf den anderen übergeht (Textabb. 8), so daß eine gemeinsame, distal offene, flache Schleife entsteht. Deren Züge gehen dann allmählich in die Arealfalten über — ein Triradius kann sich so hier überhaupt nicht bilden, der Triradius c fehlt dann.

Abb. 8. Handabdruck einer rechten Hand. Triradius c (an der Basis des vierten Fingers) fehlt.

Ein gutes Beispiel, wie Höhe der Ballen, Tiefe der Furchen und Achsenlage der Ballen schon embryonal das künftige Bild beeinflussen, geben Triradien c und d eines Embryos von 10,8 cm S.-S.-L. (E 11, Bild 41, Taf. XLIV, linke Hand). Man sieht bei c (in Textabb. 9) eine Entwicklung, die beinahe (also nicht ganz so wie auf der erwachsenen Hand, Textabb. 8) eine Unterdrückung des Triradius c herbeigeführt hätte; so ist er nur stark nach oben gerückt und seine C-Linie fehlt fast ganz [„Reduktionstendenz der C-Linie", nach Carrière (7)].

Die letzte Ursache für das geschilderte Verhalten der ganzen Ballenlagen

ist endlich im Verhalten der Handknochen selbst zu suchen, das allerdings seinerseits nicht zu erklären ist. Die Mittelhandknochen des Mittel- und Ringfingers stehen sich deutlich näher als die des Mittel- und Zeigefingers (schon auf dem frühen Stadium in Abb. 4, Taf. XL zu sehen und beim Embryo E 4 erwähnt). Dadurch ist so gut wie immer die Vertiefung (Spalte, Furche) zwischen zweitem und drittem Ballen deutlicher ausgeprägt und breiter als zwischen drittem und viertem, wo sie manchmal fast ganz fehlt. In Abb. 26, 27 (Taf. XLIII) sind zwei Schnitte durch den vorderen Handteller von Embryo E 11 nebeneinander gestellt; die Gegenüberstellung zeigt in deutlicher Weise die verschiedene Oberflächenausformung der zwischen dem zweiten und dritten und zwischen dem dritten und vierten Ballen gelegenen Gebiete. In Abb. 26 (Taf. XLIII) ist der zweite Ballen in der Mitte seiner Längsausdehnung und der dritte in seiner distalen Hälfte quer getroffen. In Abb. 27 (Taf. XLIII) ist der dritte Ballen in seiner proximalen Hälfte und der vierte in der Mitte seiner Längsausdehnung quer geschnitten. Die Übergangsgebiete zwischen den Ballen sind auf der einen Seite deutlich vertieft, auf der anderen Seite vollkommen abgeflacht. Ob man bei der engeren Nachbarschaft der dritten und vierten Mittelhandknochen an ganz allgemeine Bildungsgesetze der Säugetierhand überhaupt denken darf, wie sie in gewissen morphologischen Verhältnissen der Zweihufer (Artiodaktylie) und mancher Halbaffen auftreten, muß offen bleiben, aber an menschliche Schwimmhautbildung, Syndaktylie und Nervenversorgung der Finger sei erinnert.

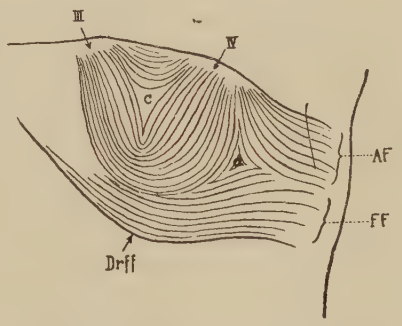


Abb. 9. Halbschematische Wiederherstellung der in den Querschnitten durch die Hand des E 11 im Gebiete des dritten und vierten Ballens gefundenen Leistenzüge. Die C-Linie ist zurückgebildet.

4. Zusammenfassung.

Man kann in der Entwicklung der palmaren digitalen Triradien folgende drei Stadien unterscheiden:

Stadium I (Embryonen von 2,2—6,5 cm S.-S.-L.):

1. Die Papillaranlagen auf den Zwischenfingerballen beginnen mit Epithelverdickung und erster Faltenbildung des Stratum germinativum an der inneren Grenzschicht der Epidermis.

2. Die Zwischenfingerballen II—IV sind nach Größe und Form, d. h. Höhe, ovaler oder kreisförmiger Rundung und Lage der Längsachsen, verschieden.

3. Die Lage der Papillaranlagen auf diesen Ballen, mehr ulnar oder mehr radial, ist Schwankungen unterworfen.

Stadium II (Embryonen von 6,6—8,0 cm S.-S.-L.):

1. Die Bezirke der Papillaranlagen auf zweitem, drittem und viertem Zwischenfingerballen zeigen langsam fortschreitende Entwicklung der Falten.

2. Der Faltungsvorgang der Papillaranlagen der Zwischenfingerballen II—IV bleibt hinter demjenigen der Papillaranlagen der Fingerballen zurück.

3. Die Richtung der Falten, die sich im Anschluß an die Papillaranlagen der Zwischenfingerballen bilden, ist besonderen Schwankungen unterworfen. Auf abgeflachten Ballen und Ballenabschnitten werden die Falten in Längsrichtung der Ballen gefunden. Auf vorgewölbten Ballen tritt Umbiegung in der Leistenrichtung ein.

4. Außerhalb der Papillaranlagen werden im zweiten Stadium seichte Faltungen gefunden, die sich seitlich an den Ballen entwickeln und in die Gebiete proximal von den Grundgelenkbeugefalten einmünden, die beginnenden „Seitenfalten".

Stadium III (Embryonen von 8,1—10,8 cm S.-S.-L.):

1. Die Papillaranlagen der Zwischenfingerballen breiten sich über die ganze zur Verfügung stehende Ballenfläche aus. Je nach der Ballenform entstehen voll ausgebildete Muster oder offene Felder.

2. Zeitlich später und räumlich von den Papillaranlagen der Ballen getrennt, entstehen auf dem vorderen Handtellerabschnitt andere Faltungssysteme:

a) Die im zweiten Stadium schon angedeutete Seitenfaltung, die dann in Erscheinung tritt, wenn ein Ballenmuster vorhanden ist (im anderen Fall verschmilzt sie mit den äußeren Leisten der Papillaranlage der Ballen).

b) Die „Arealfaltung", parallel und proximal von den Grundgelenkbeugefalten des 2.—5. Fingers (Area).

c) Die „Furchenfaltung", distal von und parallel zur Drei- und Fünffingerfurche.

3. Durch Gegeneinanderwachsen dieser Faltungsysteme entstehen die palmaren digitalen Triradien.

4. Die Lage der vier Triradien ist verschieden starken Schwankungen unterworfen:

a) Die Lage der Triradien a und d an der Basis von Zeige- und Kleinfinger ist verhältnismäßig fest durch die Konstanz der vorhandenen Beugefurchen (Grundgelenkbeugefurche und Fünffinger- bezw. Dreifingerfurche) und die regelmäßig parallel dazu entstehende Faltung

(Areal- und Furchenfaltung), während die Ballenfaltung des zweiten bezw. vierten Ballens schwankt.

b) Triradius b und c entstehen dagegen durch gegeneinander stoßende, infolge der verschiedenen Ballenform stark schwankende Ballenfaltungen von seiten des zweiten, dritten und vierten Ballens, während nur die Arealfaltung an der Basis des dritten bezw. vierten Fingers verhältnismäßig feststeht.

c) Triradius c schwankt außerdem noch am stärksten in der Ausbildung seiner C-Linien bis zu deren Verschwinden. Im Zusammenhang mit der verhältnismäßig größeren gegenseitigen Annäherung der 3. und 4. Mittelhandknochen stehen sich auch Ballen III und IV, zwischen denen dieser Triradius c liegt, räumlich von allen Ballen am nächsten und ihre Achsen sind am stärksten konvergent, so daß das Feld des Triradius am stärksten eingeengt, seine C-Linie gelegentlich unterdrückt wird.

d) Da ebenfalls auf Grund des Skelettbaues der zweite vom dritten Ballen immer am weitesten entfernt steht oder tief abgetrennt ist, da ferner der zweite und der dritte Ballen in ihrer Längsachse nahezu parallel stehen, so wird das Zustandekommen der Abgrenzungsstelle der Hautleistenzüge in Gestalt des Triradius b an der Basis des Mittelfingers nicht beeinträchtigt.

5. Sämtliche derart geschilderten Ballenmuster, offene Felder, sonstige den vorderen Handteller überziehende Papillarleistenzüge und schließlich deren Abgrenzungsstellen, die palmaren digitalen Triradien, sind am Ende dieses Stadiums, d. h. des vierten Embryonalmonats, nur an der inneren Fläche der Epidermis voll angelegt, ohne daß von außen davon etwas wahrzunehmen ist.

5. Schrifttum.

1. Bonnevie, K.: Die ersten Entwicklungsstadien der Papillarmuster der menschlichen Fingerballen. Nyt Mag. f. Naturw. **65**. 19. 1927.
2. — Was lehrt die Embryologie der Papillarmuster über ihre Bedeutung als Rassen- und Familiencharakter? Teil I—II. Z. Abstammungslehre. **50**. 219 u. 248. 1929.
3. — Zur Mechanik der Papillarmusterbildung: I. Die Epidermis als formativer Faktor in der Entwicklung der Fingerbeeren und der Papillarmuster. Roux' Arch. **117**. 384. 1929.
4. — Epidermispolster der menschlichen Finger und Zehen. Ber. dtsch. Ges. Vererbungswiss. 252. 1932.
5. — Zur Mechanik der Papillarmusterbildung: II. Anomalien der menschlichen Finger- und Zehenbeeren, nebst Diskussion über die Natur der hier wirksamen Epidermispolster. Roux' Arch. **126**. 348. 1932.
6. Bychowska, M.: Der Verlauf der Papillarlinien der Palma bei den Primaten. (Polnisch.) Folia Morph. **2**. 69. 1930.
7. Carrière, R.: Über Erblichkeit und Rasseneigentümlichkeit der Finger- und Handlinienmuster. Arch. Rassenbiol. **15**. 151. 1923.

8. Cummins, H.: Factors which govern the direction of epidermal ridges and their arrangement in patterns. Anat. Rec. **25**. 124. 1923.
9. — The configuration of epidermal ridges in a human acephalic monster. Anat. Rec. **26**. 1. 1923.
10. — Epidermal ridge configuration in developmental defects, with particular reference to the ontogenetic factors which condition ridge direction. Am. Jour. Anat. **38**. 89. 1926.
11. — The topographic history of the volar pads (walking pads; Tastballen) in the human Embryo. Carnegie Inst. of Wash. Publ. Nr. 394. Contrib. to Embryol. **20**. Nr. 113. 105. 1929.
12. Cummins, Keith, Midlo, Montgomery, H. and I. W. Wilder: Revised methods of interpreting and formulating palmar dermatoglyphics. Am. J. Phys. Anthrop. **12**. 415. 1929.
13. Cummins, H. and Sicomo, J.: Plantar epidermal configurations in lowgrade syndactylism (Zygodactyly) of second and third toes. Anat. Rec. **25**. 355. 1923.
14. Faulds, H.: On the skin furrows of the hand. Natur **22**. 605. 1880.
15. Fischer, Eugen: Haut. Baur-Fischer-Lenz: Menschliche Erblichkeitslehre und Rassenhygiene. **1**. Menschliche Erblichkeitslehre. 3. Aufl. München 1927.
16. — Versuch einer Genanalyse des Menschen. Z. Abstammungslehre. **54**. 128. 1930.
17. Friedemann, A.: Handbau und Psychose. Arch. f. Psychiatrie u. Nervenkrankh. **28**. 439. 1928.
18. Heindl, R.: System und Praxis der Daktyloskopie. 3. Aufl. Berlin u. Leipzig 1927.
19. Klaatsch, H.: Zur Morphologie der Tastballen der Säugetiere. Morph. Jahrbuch. **14**. 407. 1888.
20. Kollmann, A.: Der Tastapparat der Hand der menschlichen Rassen und der Affen. Hamburg 1883.
21. — Der Tastapparat des Fußes von Affe und Mensch. Arch. f. Anat. u. Physiol., Anat. Abt. S. 56. 1885.
22. Pöch, H.: Über Handlinien. Mitt. d. Anthrop. Ges. in Wien. **55**. 133. 1925.
23. Retzius, G.: Zur Kenntnis der Entwicklung der Körperformen des Menschen während der fötalen Lebensstufen. Biol. Untersuch. N. F. **11**. 33. 1904.
24. Schlaginhaufen, O.: Das Hautleistensystem der Primatenplanta unter Mitberücksichtigung der Palma. Morph. Jahrb. **33**. 577 und **34**. 1. 1905.
25. Schwalbe, G.: Über Ballen, Linien und Leisten der Hand. Straßburger medizinische Zeitung. 2. H. 1905.
26. Whipple, I.: The ventral surface of the mammalian chiridium with especial reference to the condition found in man. Z. Morph. u. Anthr. **7**. 261. 1904.
27. Wilder, I. Whipple: The morphology of the palmar digital triradii and main lines. Jour. Morph. and Physiol. **49**. 153. 1930.
28. Wilder, H. H.: On the disposition on the epidermic folds upon the palms and soles of primates. Anat. Anz. **13**. 250. 1897.
29. — Palms and soles. Am. Jour. Anat. **1**. 423. 1902.
30. — Palm and sole studies: 1—6. Biol. Bull. **30**. 135 u. 211. 1916.

Tafelerklärung.

Für sämtliche Abbildungen gelten folgende Bezeichnungen: I, II, III, IV = Erster, zweiter, dritter und vierter Zwischenfingerballen. AF. = Arealfaltung. A. dig. = Art. digitales volares propriae, bezw. Art. digitalis vol. propr. Bl.sin. = Blutsinus. d I = Distale Komponente des ersten Zwischenfingerballens. DF. = Daumenfurche. Drff. = Dreifingerfurche. Ep. = Epidermis. FF. = Furchenfaltung. Fff. = Fünffingerfurche. Gbf. = Grundgelenkbeugefalte. Kor. = Korium. MF. = Musterfaltung. N. dig. = NN. digitales volares proprii, bezw. N. digitalis vol. propr. N.p. = N. papillaris, bezw. NN. papillares. P. = Periderm. PA. = Papillaranlage. P.L. = Papillarleisten. SB. = Sekundärballen. SF. Seitenfaltung. S.g. = Stratum germinativum d. Epidermis. S.i. = Stratum intermedium d. Epidermis. Th. = Thenarballen. ZB. = Zentralballen.

Tafel XL.

Abb. 1. Längsschnitt durch dritten Zwischenfingerraum der rechten Hand des Embr. E 9 (2,2 cm). Vergr. 31×.

Abb. 2. Längsschn. durch Zeigefinger u. Daumenseite d. link. Hand des Embr. S 2 (2,7 cm). Vergr. 35×.

Abb. 3. Längsschn. durch dritten Zwischenfingerraum d. link. Hand d. S 2. Vergr. 35×.

Abb. 4. Querschn. durch vorderen Handteller d. link. Hand d. Embr. 2/32 (2,9 cm). Vergr. 31×.

Abb. 5. Längsschn. durch dritten Zwischenfingerraum d. link. Hand d. Embr. K 24 (4,0 cm). Vergr. 31×.

Abb. 6. Längsschn. durch Beugefurchen d. vorderen Handtellers d. link. Hand des Embryo K 24. Vergr. 31×.

Abb. 7. Querschn. durch Papillaranlage des dritten Ballens d. rechten Hand des Embr. K 18 (4,0 cm). Vergr. 31×.

Abb. 8. Querschn. durch Papillaranlage des zweiten Ballens d. recht. Hand des K 18. Vergr. 31×.

Tafel XLI.

Abb. 9. Querschn. durch Papillaranlage des dritten Ballens d. link. Hand des Embr. K 19 (4,8 cm). Vergr. 85×.

Abb. 10. Querschn. durch distalen Ballenteil des zweiten Zwischenfingerballens d. link. Hand des Embr. K 27 (5,3 cm). Vergr. 77×.

Abb. 11. Querschn. durch Mitte der Längsausdehnung des zweiten Ballens d. link. Hand des K 27. Vergr. 155×.

Abb. 12. Querschn. durch Mitte der Längsausdehnung des dritten Ballens d. link. Hand des K 27. Vergr. 155×.

Abb. 13. Querschn. durch Papillaranlage des dritten Ballens d. link. Hand des K 27. Vergr. 320×.

Abb. 14. Querschn. durch Papillaranlage des dritten Ballens d. recht. Hand des Embr. E 4 (6,5 cm). Vergr. 300×.

Tafel XLII.

Abb. 15. Querschn. durch Papillaranlage des dritten Ballens d. link. Hand des Embr. E 15 (7,0 cm). Vergr. 150×.

Abb. 16. Querschn. durch radiale Seite des apikalen Daumenballens d. link. Hand des E 15. Vergr. 300×.

Abb. 17. Querschn. durch Übergangsgebiet von zweitem Ballen in digitale Area auf d. link. Hand des E 15. Vergr. 300×.

Abb. 18. Querschn. durch Papillaranlage des zweiten Ballens d. recht. Hand des Embr. E 5 (7,7 cm). Vergr. 150×.

Abb. 19. Querschn. durch Papillaranlagen des II., III. und IV. Ballens d. recht. Hand des Embr. E 10 (8,0 cm). Vergr. 50×.

Tafel XLIII.

Abb. 20. Querschn. durch Anlage eines Schleifenmusters auf zweiten Ballen d. recht. Hand des E 10. Vergr. 310×.

Abb. 21. Querschn. durch Papillaranlage des dritten Ballens d. recht. Hand des E 10. Vergr. 100×.

Abb. 22. Längsschn. durch Basis d. vierten Fingers u. Dreifingerfurche d. link. Hand des Embr. K 28 (8,1 cm). Vergr. 36×.

Abb. 23. Längsschn. durch Drei- und Fünffingerfurche d. link. Hand des K 28. Vergr. 40×.

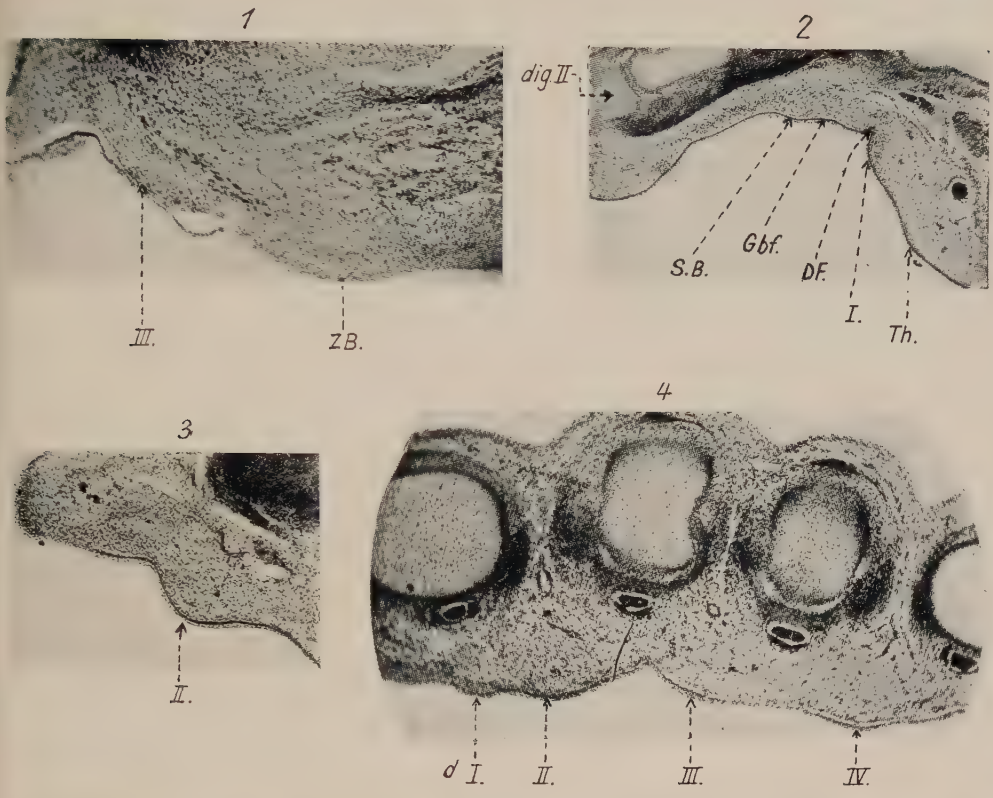
Abb. 24. Längsschn. durch vierten Ballen d. link. Hand des K 28. Vergr. 50×.

Abb. 25. Querschn. durch vierten Ballen d. recht. Hand des Embr. K 23 (9,2 cm). Vergr. 25×.

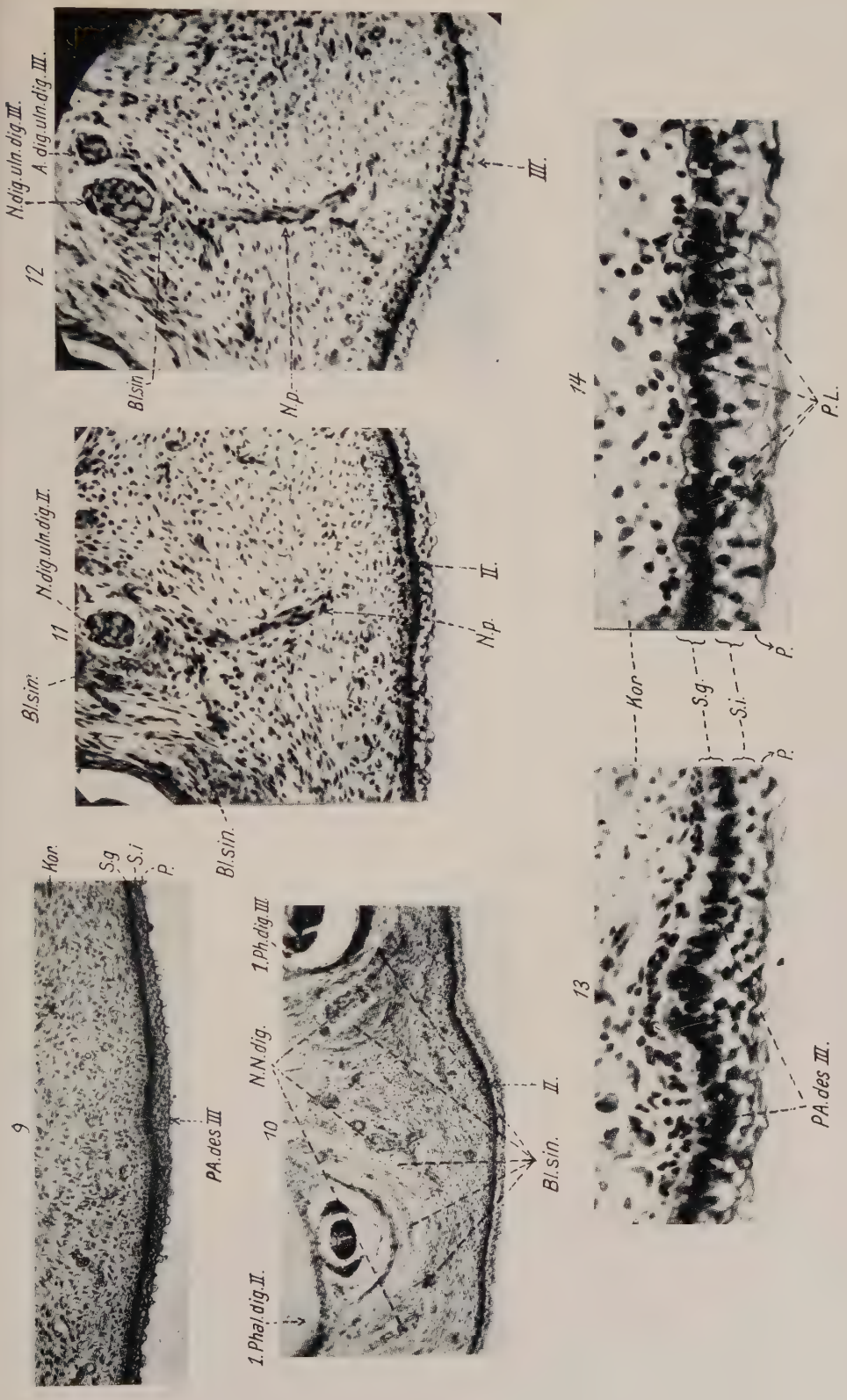
Abb. 26 u. Abb. 27. Querschn. durch vorderen Handtellerabschnitt d. link. Hand des Embr. E 11 (10,8 cm), die verschiedene Oberflächenausformung der zwischen II., III. und IV. Ballen gelegenen Gebiete zeigend. Vergr. 25×.

Tafel XLIV.

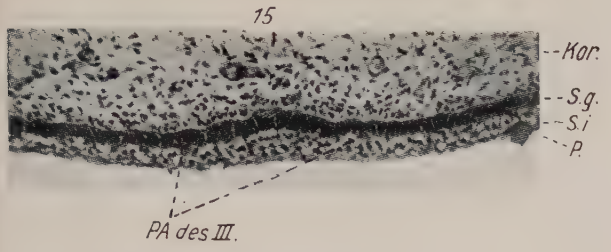
Abb. 28—41. Erklärungen im Texte.

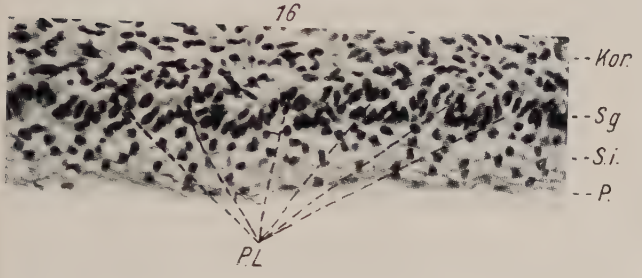


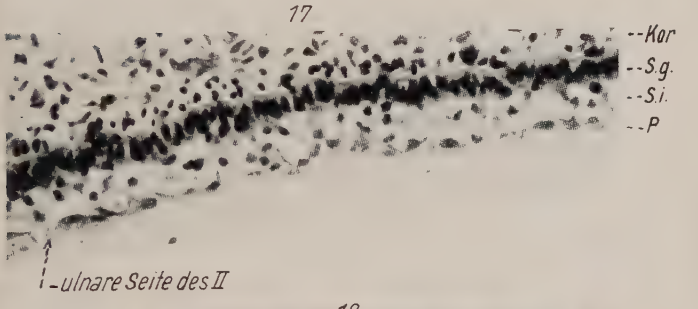
J. Schaeuble: Die Entstehung der palmaren digitalen Triradien.

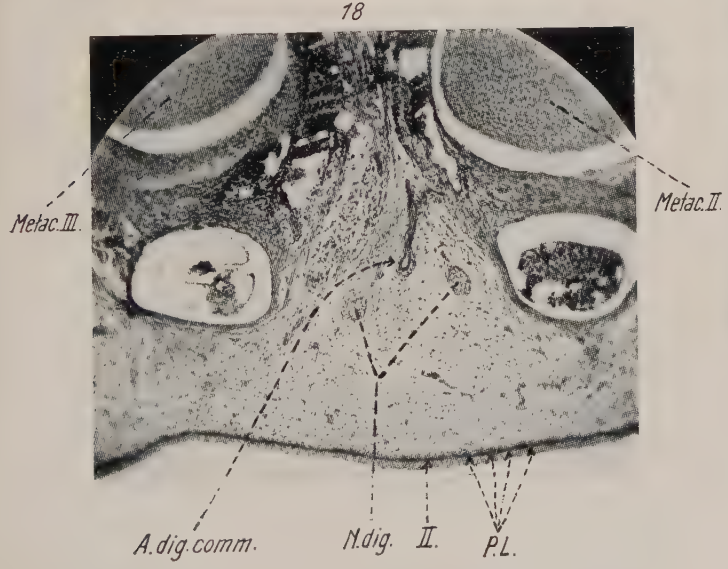


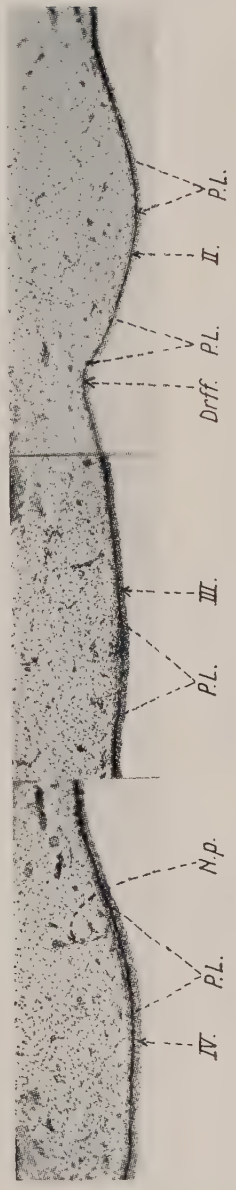
J. Schaeuble: Die Entstehung der palmaren digitalen Triradien.


15
Kor.
S.g.
S.i
P.
PA des III.


16
Kor.
S.g
S.i.
P.
P.L


17
Kor
S.g.
S.i.
P
ulnare Seite des II


18
Metac.III.
Metac.II.
A.dig.comm.
N.dig.
II.
P.L.

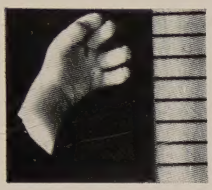

19
P.L.
II.
P.L.
Driff.
III.
P.L.
N.p.
P.L.
IV.

J. Schaeuble: Die Entstehung der palmaren digitalen Triradien.

28

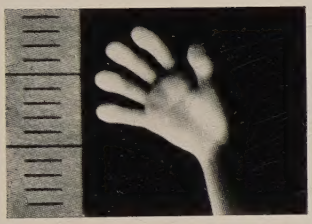
29

30



31

32



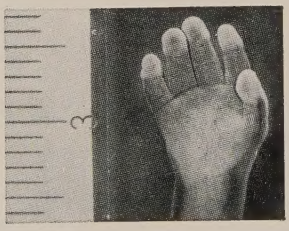
37

33

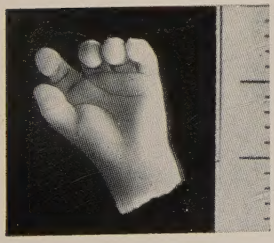
34

35

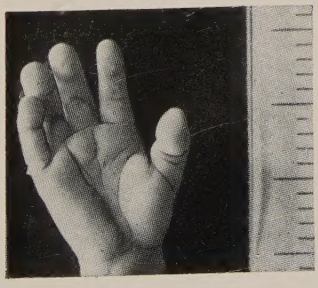
36



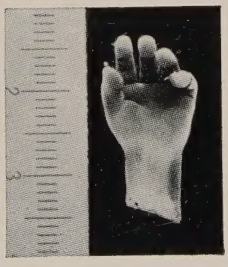
38



39



40



41

LEBENSLAUF.

Ich, JOHANN, JOSEPH, EUGEN SCHAEUBLE wurde am 25. September 1904 zu Kuppenheim (Baden) als Sohn des Kofferfabrikanten EUGEN SCHAEUBLE und seiner Ehefrau KLOTHILDE SCH., geb. FLEIG, geboren. Ich besuchte die Volksschule in Kuppenheim und darauf das humanistische Gymnasium zu Rastatt (Baden). Nach erfolgter Reifeprüfung widmete ich mich dem Studium der Medizin. Meine vorklinischen Vorlesungen hörte ich auf den Universitäten Heidelberg, Zürich, Kiel und klinische Vorlesungen in Freiburg (Br.). Nach einer längeren Unterbrechung immatrikulierte ich mich an der Universität Berlin, wo ich anthropologische, medizinische, zoologische, völkerkundliche und philosophische Vorlesungen besuchte und im Kaiser-Wilhelm-Institut für Anthropologie, Berlin-Dahlem, vorliegende Arbeit abfaßte.

JOHANN SCHAEUBLE.